



colegio oficial
**ingenieros
de telecomunicación**

ESCUELA TÉCNICA Y SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

**INGENIERO TÉCNICO DE TELECOMUNICACIONES esp.
Imagen y sonido**

Título del Proyecto:

**Simulación, análisis y medidas de un entorno cerrado
para la detección de mascotas mediante tecnología
ZigBee.**

Daniel Santesteban Martínez de Morentin

Dr. Francisco Javier Falcone Lanas

29/04/2015

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTORNO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS
MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

INDICE

1	RESUMEN	9
2	ABSTRACT.....	9
3	INTRODUCCIÓN.....	10
4	OBJETIVOS.....	11
5	ESTADO DEL ARTE	11
5.1	Situación actual.....	11
5.1.1	Sistemas RFID	11
5.1.2	El código de Barras.....	13
5.1.3	Sistemas NFC.....	15
5.1.4	Sistemas GPS	16
5.2	SISTEMAS INALÁMBRICOS	17
5.2.1	Orígenes de las redes inalámbricas	17
5.2.2	Funcionamiento	18
5.2.3	Tipos.....	18
6	CARACTERIZACIÓN RADIOELÉCTRICA	24
6.1	Modelo de propagación en el espacio libre (Ecuación de Friis)	24
6.2	FENÓMENOS DE PROPAGACIÓN	25
6.2.1	ATENUACIÓN.....	25
6.2.2	ABSORCIÓN	27
6.2.3	Reflexión:	28
6.2.4	Refracción:	30
6.2.5	Difracción:	31
6.2.6	Interferencia:	31
7	RESULTADOS	33
7.1	Resultados de validación.....	33
7.1.1	Modelado del perro	36
7.1.2	Primeras gráficas.....	43
8	Modelado virtual del escenario real	45
9	Medidas sin perro	48

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTORNO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

9.1	PLANOS DE POTENCIA.....	48
9.1.1	PROBABILIDAD DE ERROR.....	50
9.2	RETARDO POTENCIA	53
9.3	DELAY SPREAD	55
10	Medidas con perro.....	57
10.1	PLANOS DE POTENCIA.....	59
10.1.1	PROBABILIDAD DE ERROR.....	60
10.2	RETARDO POTENCIA	62
10.3	DELAY SPREAD	64
11	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS SIMULACIONES DEL PISO CON PERRO Y SIN PERRO	65
11.1	Comparación de las gráficas de POTENCIA.....	66
11.2	Comparación de las gráficas de RETARDO.....	67
11.3	Comparación de las gráficas de DELAY SPREAD	69
11.4	Conclusiones de las simulaciones	70
12	Medidas de campo.....	70
12.1	Espectrogramas.....	72
12.2	Radial sin perro	73
12.3	Radial con perro.....	75
12.4	Comparación de las medidas in situ.	77
12.5	Comparación de las simulaciones del laboratorio con las medidas de campo.	78
12.5.1	Comparación sin perro en la escena.....	79
12.5.2	Comparación con el perro en la escena.....	79
13	CONCLUSIONES.....	81
14	LINEAS FUTURAS	82
15	BIBLIOGRAFIA.....	83
16	ANEXOS.....	84
16.1	CÓDIGO DE MATLAB UTILIZADO EN MI PROGRAMA PRINCIPAL.....	84
16.2	RESULTADOS OBTENIDOS	88
16.2.1	Niveles de potencia.....	88
16.2.2	Probabilidad de error	94
16.2.3	Delay Spread	96
16.3	EQUIPOS UTILIZADOS.....	100
16.3.1	Agilent Fieldfox RF Analyzer N9912A.....	101

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS
MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

16.3.2	Wasmote.....	133
16.3.3	802.15.4/ZigBee	136
16.3.4	Antenova Titanis 2.4 GHz Swivel SMA Antenna.....	137
16.3.5	Antenna Factor ANT-868-CW-HWR-xxx.....	141
16.3.6	Estación de trabajo Lenovo ThinkStation D20	143
16.3.7	ORDENADOR PORTATIL.....	143
16.4	SOFTWARE	144
16.4.1	Matlab	144
16.4.2	SigmaPlot	145
16.4.3	Microsoft Word y Excel.....	146

Índice de imágenes

Figura 5.1 Vaca con sistema RFID [1]	12
Figura 5.2 Sistema RFID inyectable Bio-Glass [2]	13
Figura 5.3 Primer código de barras [3]	14
Figura 5.4 bulldog con arnés con código QR. [4]	14
Figura 5.5 Antonio Paredes con su invento basado en tecnología NFC. [5]	15
Figura 5.6 Perro labrador con sistema GPS de localización. [6]	16
Figura 5.7 the tagg-the pet tracker (sistema de localización GPS e internet). [7]	17
Figura 5.8 Ejemplo de modulación. [8]	18
Figura 5.9. Tipos de redes inalámbricas [9]	19
Figura 5.10 Topologías de red ZigBee. [10]	22
Figura 5.11 Comparación de velocidad efectiva entre ZigBee y Bluetooth en base a lo largo del paquete. [11]	23
Figura 6.1. Representación matemática de la ecuación de Friis.	25
Figura 6.2. Representación matemática de la atenuación de una señal.	25
Figura 6.3. Ejemplo de la atenuación. [12]	26
Figura 6.4. Niveles de atenuación para diversos materiales. [12]	27
Figura 6.5. Absorción atmosférica de las ondas electromagnéticas. [12]	28
Figura 6.6. Reflexión de una onda sobre una superficie rugosa. [13]	29
Figura 6.7. Ejemplo de onda transmitida. [13]	29
Figura 6.8. Representación de la ley de Snell. [14]	30
Figura 6.9. Representación de las distintas formas de difracción. [15]	31
Figura 6.10. Interferencia de dos ondas. [16]	32
Figura 7.1. Primer diseño de un espacio cerrado con Matlab.	34
Figura 7.2. Primer diseño amueblado.	35
Figura 7.3. Medidas de un chihuahua. [17]	36
Figura 7.4. Dimensiones de un carlino. [18]	37
Figura 7.5. Parte primera parte del código de implementación del perro.	38
Figura 7.6. Segunda parte del código para la implementación del perro.	39
Figura 7.7. Tercera parte del código	40
Figura 7.8. Ultima parte del código empleado para la implementación del perro	41
Figura 7.9. Perro diseñado mediante MATLAB.	41
Figura 7.10. Imagen renderizada que muestra diferentes posiciones y tamaños con las que se puede variar al perro.	42
Figura 7.11. Escenario preparado para la simulación.	42
Figura 7.12. Gráfica de la potencia recibida en la primera fila de cubos de análisis con un perro grande.	43
Figura 7.13. Gráfica del delay spread en la primera línea de cubos de análisis con un perro grande.	44
Figura 7.14. Radiales del espacio medido para dos perros de diferente tamaño	45

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTORNO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

Figura 8.1. Vista en perspectiva del piso modelado	46
Figura 8.2. Planta del piso modelado.....	47
Figura 8.3. Blenderizado del piso modelado.....	47
Figura 8.4. Planta del piso modelado después de usar blender.	48
Figura 9.1. Gráfica obtenida de la simulación del piso con 5 rebotes de rayos y tamaño de los cubos de análisis de 60 cm (primera fila de cubos).	49
Figura 9.2. Gráfica obtenida de la simulación del piso con 6 rebotes y tamaño de los cubos de análisis de 30 cm (segunda fila de cubos).....	50
Figura 9.3. Gráficas que muestran la probabilidad de error para una tasa de 250 kbps, en casos diferentes de ruido (-70dB, -90dB, -110dB).....	52
Figura 9.4. Gráficas que muestran la probabilidad de error para una tasa de 57600 bps, en casos diferentes de ruido (-70dB, -90dB, -110dB).....	52
Figura 9.5. Línea de datos analizada para el retardo potencia.....	53
Figura 9.6. Retardo Potencia, niveles de potencia recogidos en un punto respecto al tiempo.....	54
Figura 9.7. Muestra la línea de datos analizada para este segundo caso.....	54
Figura 9.8. Retardo Potencia, niveles de potencia recogidos en un punto concreto con respecto al tiempo.....	55
Figura 9.9. Gráfica de Delay Spread, sin perro y con 6 rebotes y cubos de 30 cm de lado.	56
Figura 9.10. Gráfica del Delay Spread sin perro en el escenario y con 5 rebotes y 60 cm de lado para los cubos de análisis.....	57
Figura 10.1. Piso de la milagrosa modelado con el perro en su interior.	58
Figura 10.2. Detalle del perro situado en el salón.	58
Figura 10.3. Gráfica obtenida de la simulación del escenario con el perro, nº de rebotes por rayo es 5 y los cubos de análisis tienen los lados de 60 cm	59
Figura 10.4. Gráfica obtenida de la simulación del escenario con perro. Nº de rebotes por rayo es de 6 y los lados del cubo de análisis son de 30 cm.	60
Figura 10.5. Gráficas que muestran la probabilidad de error para una tasa de 250 kbps, en casos diferentes de ruido (-70dB, -90dB, -110dB).....	61
Figura 10.6. Gráficas que muestran la probabilidad de error para una tasa de 57600 bps, en casos diferentes de ruido (-70dB, -90dB, -110dB).....	61
Figura 10.7. Imagen de las dos líneas de datos seleccionadas para el cálculo del retardo potencia con perro. Izq. Para el caso de 30 cm y dcha. Para el caso de 60 cm.	62
Figura 10.8. Gráfica obtenida en un punto concreto de la simulación con el perro en su interior....	63
Figura 10.9. Gráfica obtenida en un punto concreto de la simulación con el perro en su interior....	63
Figura 10.10. Gráfica para el Delay Spread, con perro y con seis rebotes y treinta centímetros de lado para los cubos de análisis.....	64
Figura 10.11. Gráfica para el Delay Spread con perro, cubos de análisis de 60 cm y 5 rebotes.	65
Figura 11.1. Gráfica comparadora de los niveles de potencia de las dos situaciones de la simulación (con perro y sin perro).	66
Figura 11.2. Gráfica que muestra ambos niveles de potencia, con perro y sin perro	67
Figura 11.3. Gráfica comparadora de retardo con n=6 y c=30 cm.	68
Figura 11.4. Gráfica retardo con n=5 y c=30 cm.	68

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

Figura 11.5. Comparativa de las gráficas de Delay Spread con 6 rebotes y 30 cm de lado para los cubos de análisis.	69
Figura 12.1. Ilustración de la colocación del Waspote 71	71
Figura 12.2. Detalle de la posición del Waspote. 71	71
Figura 12.3. Espectrograma del piso sin la emisión de nuestra señal. 72	72
Figura 12.4. Gráfica del espectrograma de la señal empleada para las medias en el piso. 73	73
Figura 12.5. Puntos de medida en el espacio real para la realización de la radial. 74	74
Figura 12.6. Radial obtenida de las medidas realizadas en el interior del piso. 75	75
Figura 12.7. Imagen que muestra donde fueron tomadas las medidas y donde se colocó al perro.. 76	76
Figura 12.8. Imagen que ilustra un Waspote. [19] 76	76
Figura 12.9. Radial medida con el perro en la escena. 77	77
Figura 12.10. Comparación de las dos radiales originadas por las medidas in situ..... 78	78
Figura 12.11. Comparación de las radiales de potencia obtenidas de la simulación en el laboratorio y de las medidas in situ sin el perro en la escena..... 79	79
Figura 12.12. Comparación de las radiales de potencia obtenidas de la simulación en el laboratorio y de las medidas in situ con el perro en escena. 80	80

1 RESUMEN

Este proyecto se centra en la tecnología ZigBee, aplicada al control y localización de mascotas (en este caso caninas), además de ofrecer una pequeña introducción a esta tecnología y sus aplicaciones en este ámbito, así como un completo estudio radioeléctrico tanto teórico como práctico de diferentes situaciones.

La adopción de estas nuevas tecnologías en el mundo animal puede suponer grandes soluciones para los distintos campos de la zoología. También pueden ser beneficiosas para los dueños de mascotas de diferentes tipos (caninas, felinas,...). Incluso se puede extrapolar este estudio a otros ámbitos, como por ejemplo para personas.

2 ABSTRACT

This project is focused on the ZigBee technology, applied to the control and location of pets. My research is based on the use of this technology, specifically for dogs. The project contains an introduction of this technology and applications. Besides a completed radioelectric study in different situations.

This new technology will be helpful in different areas related with animals such as zoology, veterinary, farms... Also pet owners can benefit.

Even, this study can be extrapolated to people.

3 INTRODUCCIÓN

Cada año aumenta el número de aplicaciones para los sistemas de comunicación de corto alcance y alta frecuencia, así como también la calidad de los mismos, por ejemplo cada vez es más frecuente verlos en sistemas de automoción, fábricas, granjas, casas inteligentes, incluso se están introduciendo en el mundo del deporte.

En estas condiciones de expansión observamos que en el mundo animal también se están haciendo su hueco, como por ejemplo en las granjas, donde controlan todos los aspectos ambientales, desde la temperatura hasta la luz. Sin embargo aún no se pueden encontrar estudios con respecto a la localización y control de mascotas en hogares y ambientes urbanos, con la utilización de estos sistemas de comunicación de corto alcance y alta frecuencia.

El mundo de las mascotas es un mercado que cada año crece más, por ejemplo en España se calcula que el gasto medio anual dedicado a los perros es de entre 700 y 1500 euros. Comida, cuidados veterinarios, accesorios... Según la ANFAAC (Asociación nacional de fabricantes de alimentos para animales de compañía), en 2009 había 5 millones de perros censados en España. Y otro dato es que hay una mascota en un 49,3% de los hogares españoles. Por dar una idea del mercado extranjero: en EEUU 38.9 millones de hogares tienen perro. En 2010 había 86.4 millones de perros en EEUU. Eso sin contar al resto de animales de compañía, como pueden ser los gatos, o los cada vez más comunes, hurones.

Como se puede observar, este es un mercado en expansión. Es por eso que este proyecto se ha realizado con la intención de introducir la tecnología inalámbrica en el mundo animal, para poder dar paso en el futuro a nuevas tecnologías baratas y eficientes, no solo de localización animal sino también, por ejemplo de monitorización en tiempo real de las constantes vitales de dicho animal.

4 OBJETIVOS

El principal objetivo del proyecto es el análisis del establecimiento de una conexión de corto alcance y alta frecuencia con un receptor colocado en un perro y en un piso.

Se trata de determinar los factores que pueden condicionar una red de este tipo, como por ejemplo, los materiales utilizados en la construcción de dicho piso, la posición tanto del emisor como del receptor, el tamaño del perro,... De esta forma se pueden obtener las condiciones más óptimas para la implementación de una de estas redes en un ambiente interior.

Para cumplir con dicho objetivo se tiene la información obtenida experimentalmente de medidas empíricas de radiofrecuencia y simulaciones sobre trazado de rayos 3D deterministas, realizadas en el laboratorio. Además de medidas realizadas in situ, que serán comparadas con los resultados del laboratorio.

5 ESTADO DEL ARTE

5.1 Situación actual

Antes de comenzar el proyecto se hizo una búsqueda de información sobre los distintos tipos de localización y control de animales que se pueden encontrar hoy en día. La gran mayoría de ellos están destinados al control de los animales de granja.

5.1.1 Sistemas RFID

La identificación por radiofrecuencia o RFID por sus siglas en inglés (Radio Frequency Identification), es una tecnología de identificación remota e inalámbrica en la cual un dispositivo lector vinculado a un equipo, se comunica a través de una antena (también conocido como tag o etiqueta) mediante ondas de radio.

Estos sistemas ayudan a la clasificación y etiquetado del ganado, ya que hoy en día, en Europa, Estados Unidos o Australia las leyes exigen el cumplimiento de la ISO

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

(Organización Internacional de Estándares) y para ello todo animal debe de tener un sistema de monitoreo y rastreo apropiado con identificación RFID.

El uso de etiquetas numeradas RFID únicas resulta un mecanismo eficiente y rápido para la identificación y recolecta de datos de cualquier animal. Cada etiqueta RFID única puede ser vinculada a una base de datos que contenga información específica del animal como fecha de nacimiento, especificaciones de crianza y relaciones de consanguinidad. Para el ganado u otros animales de gran tamaño se usan etiquetas de oreja FDX-B, estas son útiles para las lecturas ocasionales, si se quieren para el uso constante son mejores los lectores HDX-B de paleta o de vara.

Para animales más pequeños existen las etiquetas de “Bio-Glass” inyectables. Estas etiquetas inyectables están disponibles en frecuencias de 125 y 134.2 KHz.



Figura 5.1 Vaca con sistema RFID [1]

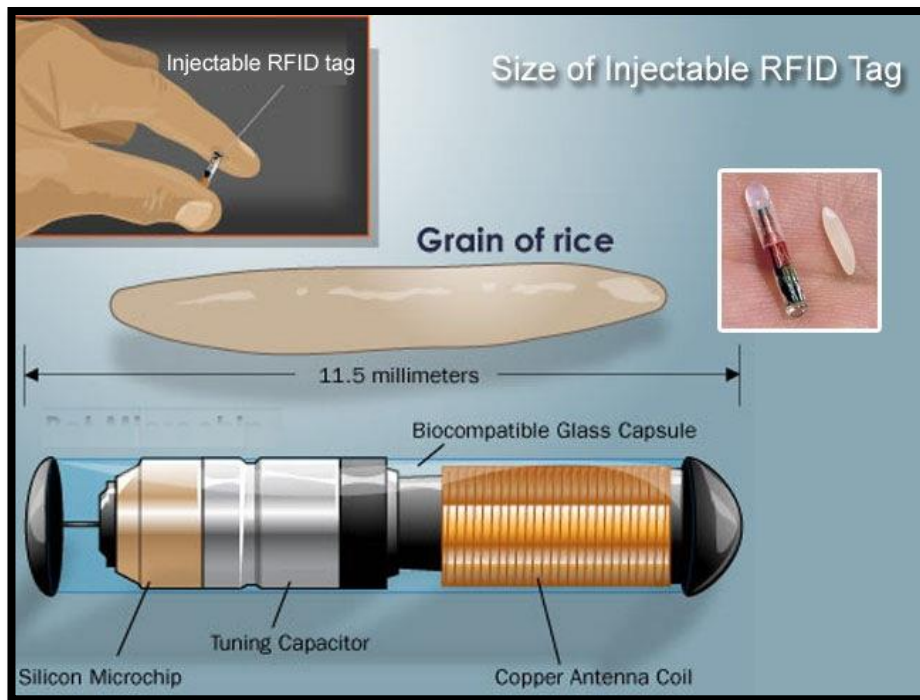


Figura 5.2 Sistema RFID injectable Bio-Glass [2]

5.1.2 El código de Barras

La primera patente del código de barras fue solicitada en 1952 en Estados Unidos, este primer código de barras era de forma circular. A partir de entonces ha ido mejorando aplicando nuevas tecnologías (como por ejemplo el lector laser) y nuevos conceptos para aumentar su capacidad de almacenamiento de información (como los códigos QR). El código de barras actual es un conjunto de líneas verticales, paralelas y blancas o negras de diferentes anchuras que en su conjunto contienen una determinada información. El código QR es como el “hijo pequeño” del código de barras, ya que al ser bidimensional aumenta la capacidad de información que puede contener.

Aunque años atrás esta tecnología se utilizó para la clasificación del ganado en la actualidad ha sido desbancado por los sistemas de RFID ya que no necesitan contacto visual y se puede prescindir de la mano del hombre, haciendo la lectura mucho más rápida y precisa.

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

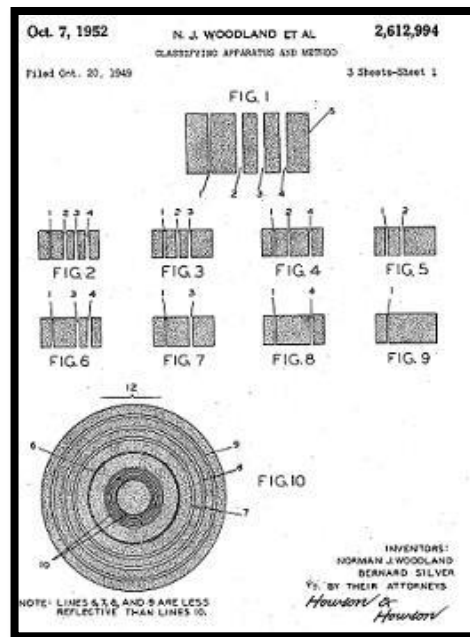


Figura 5.3 Primer código de barras [3]

Un tipo de sistema de localización de mascotas ha sido implementado mediante código QR, para este sistema es necesario que alguien lea ese código QR en el collar del perro y que posteriormente lo lleve de vuelta a casa o informe al dueño, además el collar del perro por si acaso es encontrado por alguien que no tenga los medios de leer códigos QR, lleva una dirección con los datos necesarios para devolver al perro a su hogar. El inconveniente de este sistema es que depende de la interacción de una tercera persona ajena al perro y a su dueño.



Figura 5.4 bulldog con arnés con código QR. [4]

5.1.3 Sistemas NFC

Se trata de una tecnología inalámbrica que funciona en la banda de los 13.56 MHz. NFC es una plataforma abierta pensada desde el inicio para teléfonos y dispositivos móviles. Su tasa de transferencia puede alcanzar los 424 kbit/s por lo que su enfoque más que para la transmisión de grandes cantidades de datos es para comunicación instantánea, es decir, identificación y validación de equipos/personas.

Su punto fuerte está en la velocidad de comunicación, que es casi instantánea sin necesidad de emparejamiento previo. Como contrapartida, el alcance de la tecnología NFC es muy reducido.

Precisamente el año 2014 en mayo, se creó Pets Meets Pets de la mano de Antonio Paredes de la Sal, biólogo y veterinario, y José Antonio Pajuelo, ingeniero informático. Se trata de un collar que dispone de un sistema que permite recuperar animales perdidos. Para ello contiene un chip que se comunica con el móvil y que utiliza la tecnología NFC (Comunicación de Campo Cercano).

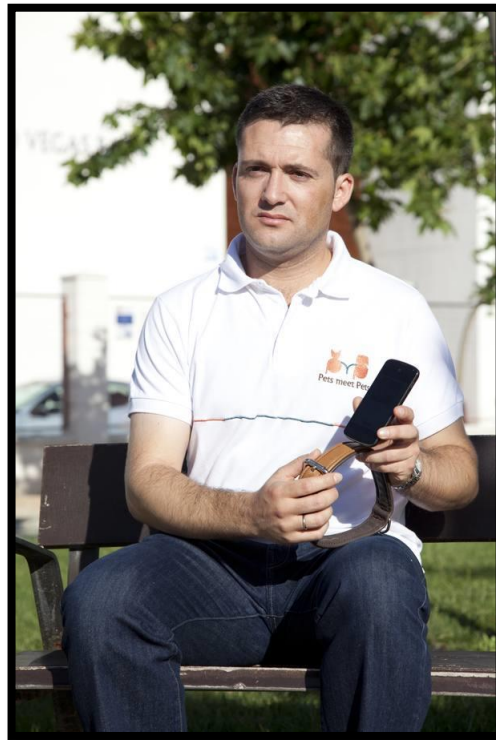


Figura 5.5 Antonio Paredes con su invento basado en tecnología NFC. [5]

5.1.4 Sistemas GPS

El GPS, o sistema de posicionamiento global, es un sistema que utiliza un conjunto de satélites en órbita y receptores en tierra para darnos la posición en tiempo real con un error de unos pocos metros.

Cuando hablamos de localización de animales de compañía la gran mayoría de estos sistemas están implementados por tecnología GPS, son sistemas eficientes pero su gran inconveniente es el alto precio a pagar por un sistema GPS mediante satélite o internet, ya que su precio ronda los mil euros.



Figura 5.6 Perro labrador con sistema GPS de localización. [6]

En la actualidad los smartphones son, quizás, los objetos que más están evolucionando y que mejor se están adaptando a las necesidades de las personas, y por eso se han empezado a construir sistemas de localización por GPS e internet, directamente conectado el collar del perro con nuestro teléfono para facilitar el uso de este.



Figura 5.7 the tag-the pet tracker (sistema de localización GPS e internet). [7]

Este sistema es más barato que el del GPS convencional, en torno a unos cien euros, pero luego hay que pagar unas cuotas mensuales de unos diez euros al mes, por los servicios.

5.2 SISTEMAS INALÁMBRICOS

Cada vez es más frecuente encontrarse con redes inalámbricas, esto se debe al estilo de vida actual donde cada vez más las personas demandan estar conectadas a una red local o a internet de manera constante.

La aparición de dichas redes supone una gran ventaja ya que son compatibles con las redes cableadas ya existentes, reducen costes, son escalables, capaces de superar barreras físicas y arquitectónicas, etc.

5.2.1 Orígenes de las redes inalámbricas

La primera comunicación sin cables fue hecha en 1880 por Graham Bell y Summer Tainter, con el fotómetro, un invento que les permitía la transmisión del sonido por medio de una emisión de luz.

Pero si nos referimos a la primera red local inalámbrica, no fue hasta 1971, cuando en la universidad de Hawaii, un grupo de investigadores desarrolló el primer sistema de

conmutación de paquetes mediante una red de comunicación por radio, denominada ALOHA.

5.2.2 Funcionamiento

En un sistema inalámbrico se usan ondas electromagnéticas para transportar la información de un lugar a otro, para ello se recurre al uso de ondas portadoras. Estas ondas son de una frecuencia mucho más alta que la señal que contiene la información a transmitir (onda moduladora). Ahora se produce la modulación, que es acoplar ambas ondas, de este modo surge una onda de radio que abarca un ancho de banda. Gracias a esto, puede haber varias portadoras simultáneamente en el mismo espacio sin interferirse, siempre y cuando se transmitan en diferentes frecuencias. El receptor se sintoniza para recibir una frecuencia de radio y descartar las demás, después demodulara la señal para obtener la información original.

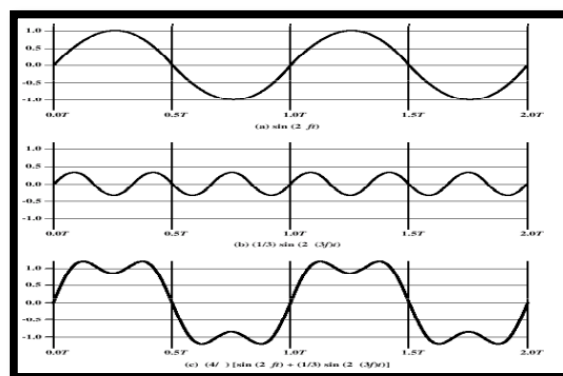


Figura 5.8 Ejemplo de modulación. [8]

5.2.3 Tipos

Si se clasifican las redes por su alcance geográfico, se tienen cuatro tipos de redes inalámbricas:

- WWAN (Wireless Wide Area Network).
- WMAN (Wireless Metropolitan Area Network).

- WLAN (Wireless Local Area Network).
- WPAN (Wireless Personal Area Network).

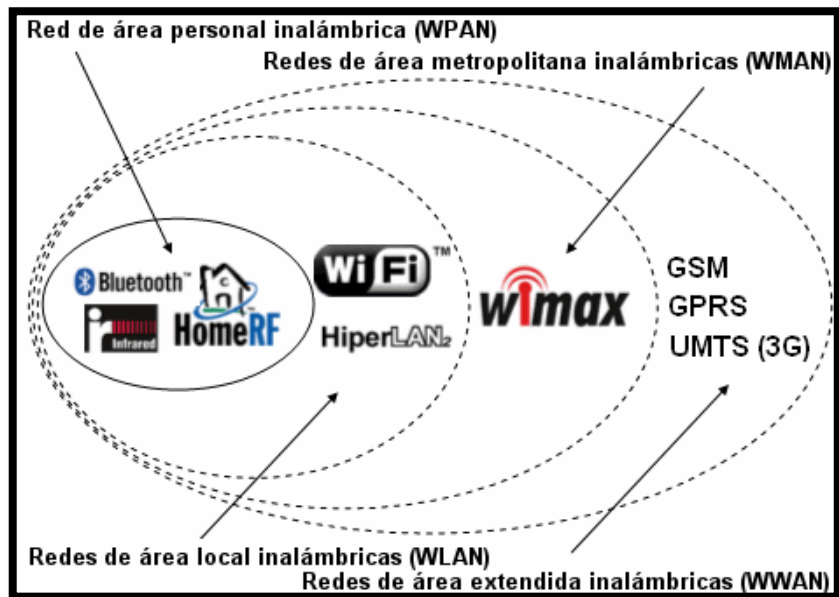


Figura 5.9. Tipos de redes inalámbricas [9]

5.2.3.1 WWAN

Cubren países enteros, o incluso todo el planeta. Están formadas por la unión de otras (muchas) redes de nivel inferior y combinan distintas tecnologías. Un ejemplo típico de WWAN son las redes de telefonía móvil o celular, también hay conexiones por satélite que utilizan estas redes. Normalmente permiten a oficinas de gobierno, universidades y otras instituciones conectarse en una misma red.

5.2.3.2 WMAN

Poseen un radio de acción de varias decenas de kilómetros, con lo que pueden cubrir una ciudad entera. Las WMAN interconectan a unas WLAN con otras.

5.2.3.3 WLAN

Es un sistema de comunicación de datos inalámbrico flexible, muy utilizado como alternativa a las redes LAN cableadas o como extensión de éstas. Utiliza tecnología de radiofrecuencia que permite mayor movilidad a los usuarios al minimizar las conexiones cableadas.

Para establecer una compatibilidad entre todos los dispositivos se creó WI-FI (Estándar de Fidelidad Inalámbrica), siendo incluso posible la incorporación de terminales telefónicos WI-FI a estas redes para establecer llamadas de voz.

5.2.3.4 WPAN

Incluye redes inalámbricas de corto alcance que abarcan un área de algunas decenas de metros. Este tipo de red se usa generalmente para conectar dispositivos periféricos (por ejemplo, impresoras, teléfonos móviles y electrodomésticos) o un asistente personal digital (PDA) a un ordenador sin conexión por cables. También se pueden conectar de forma inalámbrica dos ordenadores cercanos. Se usan varios tipos de tecnología para las WPAN:

5.2.3.4.1 Infrarrojos

Es la tecnología que usan los mandos a distancia de siempre. Hubo una época en que se incluía en los ordenadores portátiles u otros dispositivos móviles, pero en la actualidad ha sido sustituido por la tecnología Bluetooth.

Las redes inalámbricas de infrarrojo no funcionan a través de objetos sólidos como las paredes. Su alcance normal es menor que el del Bluetooth o el ZigBee. Además, el emisor y el receptor tienen que "verse" mutuamente para que la transmisión sea posible.

5.2.3.4.2 Bluetooth

Bluetooth es una tecnología inalámbrica destinada a conectar dispositivos que se encuentran a corta distancia. Permite que los dispositivos que están en un radio de alcance

de unos pocos metros puedan intercambiar datos. El alcance efectivo depende de la aplicación concreta y de las condiciones del entorno, como el material y el grosor de las paredes en interiores. De todos modos, el alcance en un radio de 10 metros suele ser bastante habitual, aunque existen productos capaces de operar en un radio de hasta 50 metros.

Bluetooth trabaja mediante transmisiones de radio de onda corta en la banda de los 2,4 GHz creando redes de área personal y consume poca energía. La máxima velocidad de transmisión de datos es de 3 Mbps.

Los objetos sólidos no suponen ningún obstáculo para la tecnología inalámbrica Bluetooth. Y tampoco es necesario que los dispositivos estén situados en la misma línea de visión, ya que se transmite en todas direcciones.

5.2.3.4.3 ZigBee

ZigBee es un estándar que define un conjunto de protocolos para el montaje de redes inalámbricas de corta distancia y baja velocidad de datos. Opera en las bandas de 868 MHz, 915 MHz y 2.4 GHz y puede transferir datos hasta 250 Kbps.

Este estándar desarrolla un protocolo que adopta al estándar IEEE 802.15.4 para sus dos primeras capas, es decir la capa física y la subcapa de acceso al medio y agrega la capa de red y de aplicación.

Existen numerosas soluciones usadas en domótica para la implementación de estas redes pero el gran inconveniente que tienen es la incompatibilidad entre sensores, controles y equipos de procesamiento de datos, lo que obliga a hacer pasarelas (gateways) para interconectar dispositivos de diferentes marcas.

El estándar ZigBee fue diseñado con las siguientes especificaciones:

- Muy bajo consumo de energía, lo que permite usar equipos a batería.
- Bajo costo de dispositivos y de instalación y mantenimiento de ellos.
- Corto alcance.
- Optimizado para ciclo efectivo de transmisión menor a 0.1%.
- Velocidad de transmisión menor que 250 kbps. Típica: menor que 20 kbps.

El estándar 802.15.4 define 2 tipos de dispositivos con el objeto de minimizar el costo del sistema:

-FFD (Full Function Device): son dispositivos capaces de funcionar en cualquier topología, pueden ser miembros o coordinadores de red. Este tipo de dispositivo puede dialogar con cualquier otro.

-RFD (Reduced Function Device): Pueden solamente ser miembros de una red con topología estrella. Solo pueden conversar con el coordinador de red. Son dispositivos de baja complejidad con bajo requerimiento de procesamiento y memoria.

ZigBee requiere para sus redes que haya al menos 1 dispositivo de función completa (FFD) para que actúe como coordinador de red pero los nodos finales de la estrella pueden ser de función reducida para poder reducir costos.

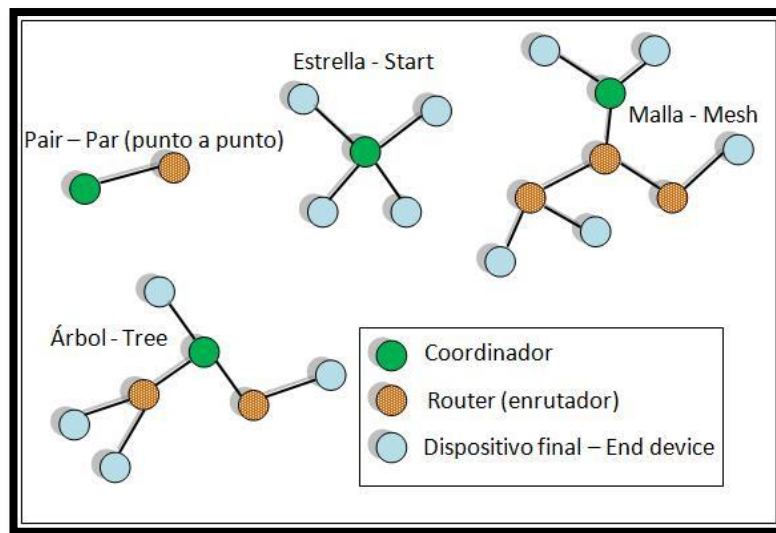


Figura 5.10 Topologías de red ZigBee. [10]

5.2.3.4.4 ZigBee vs. Bluetooth

Pensando en el desarrollo de aplicaciones para la domótica, es necesario revisar detenidamente ambos protocolos para decidir cuál de ellos podría ofrecer las mejores ventajas.

Bluetooth es un protocolo que se ha popularizado en los últimos años. Su objetivo de diseño fue la eliminación de cables de interconexión de datos entre equipos de consumo masivo como: teléfonos móviles, notebooks, pdas, etc.

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

ZigBee está especialmente diseñado para el manejo de controles, recolección de datos de sensores, preparado para trabajar con muchos dispositivos de tipo portátiles en donde la duración de las baterías es un factor crítico.

Característica	ZigBee	Bluetooth
Modulación	DSSS	FHSS
	11 chips/símbolo	1600 saltos/segundo
	62.5 Ksímbolo/segundo	1 Msímbolo/segundo
	4 bits/símbolo	1 bit/símbolo
Tasa de información pico	127 Kbit/segundo	108-723 Kbit/segundo
Tiempo de enumeración	30ms típico	≥ 3 s, típico 20 s
Tiempo de transición de Dormido a activo	15 ms típico	3 ms típico
Tiempo de un esclavo Activo de acceso al canal	15 ms típico	2 ms típico

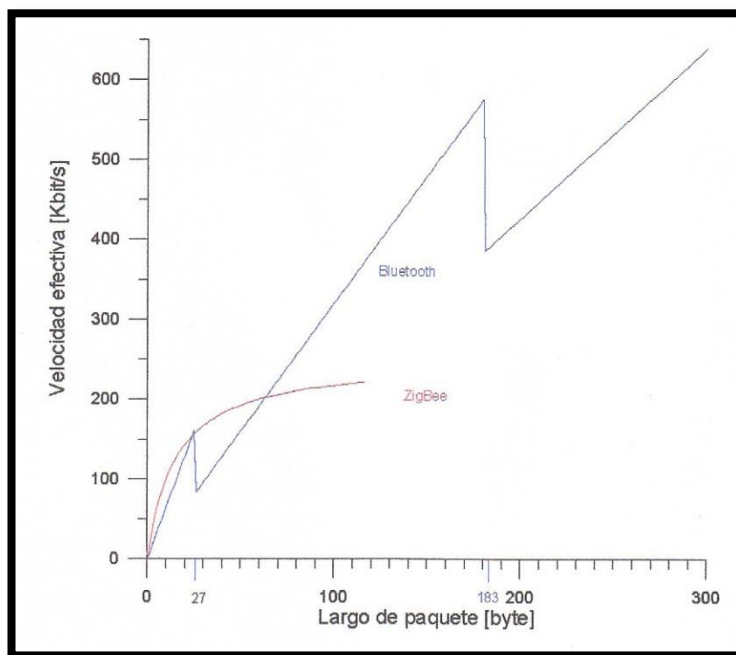


Figura 5.11 Comparación de velocidad efectiva entre ZigBee y Bluetooth en base al largo del paquete. [11]

ZigBee fue diseñado pensando en paquetes pequeños y para paquetes de menos de 75 bytes, ZigBee tiene, a pesar de su baja velocidad física de transmisión de datos, una velocidad efectiva mayor que Bluetooth. Por lo tanto, para pequeños paquetes Bluetooth va a gastar mayor energía debido a que necesita mayor tiempo de transmisión/recepción.

Otra diferencia notable es en el tiempo de enumeración. En Bluetooth se requieren típicamente 20 segundos contra 15 ms de ZigBee. En conclusión como ZigBee está muy bien preparado para realizar rápidamente el proceso de conexión y desconexión a la red, esto determina que ZigBee necesita mucha menos de la energía que requiere Bluetooth para la misma tarea.

Además, el protocolo Bluetooth se basa en encuestar a cada dispositivo esclavo y en cambio ZigBee se basa en CSMA-CA, que debe esperar a tener el canal libre. Esto no representa un problema porque en redes de muy bajo tráfico como redes de sensores, no hay competencia por el canal.

Para terminar, el bajo consumo energético de ZigBee, permite usar pilas alcalinas tipo AA por más de 6 meses (hasta 2 años típico). Lo usual en Bluetooth es usar baterías recargables con periodicidad de carga de algunos días. ZigBee y Bluetooth son dos soluciones pensadas para aplicaciones diferentes. Bluetooth es apto para aplicaciones de baja latencia como audio y video. Es un protocolo maestro-esclavo para unos pocos dispositivos. ZigBee está diseñado para uso de sensores y controles que usan mensajes cortos. Está preparado para redes tipo estrella o entre pares de cientos de dispositivos. Estas diferencias entre ZigBee y Bluetooth se originan en las arquitecturas de cada uno de estos protocolos y no parece probable que los cambios de versiones modifique la situación.

6 CARACTERIZACIÓN RADIOELÉCTRICA

6.1 Modelo de propagación en el espacio libre (Ecuación de Friis)

El modelo de propagación en “espacio libre” se utiliza para predecir el nivel de potencia recibido en cierta ubicación, cuando no existe ningún objeto cercano al enlace que puede afectar la propagación electromagnética. Esto es una condición mucho más exigente que la conocida como “línea-de-vista” (line-of-sight, LOS) entre el transmisor (Tx) y receptor (Rx) que solo considera obstáculos en la línea que une ambos elementos del enlace. Un enlace puede ser LOS, pero ello no impide que objetos cercanos produzcan reflexiones que puedan afectar la señal que se propaga en el trayecto directo. El modelo de propagación de espacio libre es sin embargo una buena referencia de comparación para enlaces más complejos y es además bastante exacto cuando el efecto de elementos cercanos no es significativo, como ocurre por ejemplo en los enlaces satelitales.

El modelo predice que la potencia disminuye en función de la separación “ d ” entre el Tx y Rx, de acuerdo a la “ecuación de Friis”:

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r}{L} \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)^2$$

Figura 6.1. Representación matemática de la ecuación de Friis.

Donde P_t es la potencia transmitida, $P_r(d)$ es la potencia recibida –que es una función de la separación entre transmisor y receptor-, G_t es la ganancia de la antena de transmisión, G_r es la ganancia de la antena de recepción, d es la separación Tx-Rx en metros, L son las pérdidas del sistema no relacionadas a la propagación ($L \geq 1$) y λ es la longitud de onda de la señal electromagnética en metros.

Las pérdidas de trayecto (*path loss*) representan la atenuación de la señal como una magnitud positiva, expresada en dB, y están definidas como la diferencia entre la potencia transmitida y recibida de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$PL(dB) = -20 \log \left(\frac{\lambda}{4\pi d} \right)$$

Figura 6.2. Representación matemática de la atenuación de una señal.

6.2 FENÓMENOS DE PROPAGACIÓN

6.2.1 ATENUACIÓN

Aunque en el espacio libre o vacío se considera que no hay pérdida de energía al propagarse una onda a través de él de acuerdo con la ley del cuadrado inverso, se pudo analizar que la onda sufre disminuciones en la densidad de potencia a medida que la onda electromagnética se aleja de la fuente que la generó; a esto se le denomina atenuación. Como la atenuación se debe a la dispersión esférica de la onda a veces se le denomina atenuación espacial de la onda. Esta atenuación se expresa comúnmente en función del

logaritmo de la relación entre densidades de potencia. Por lo general se utilizan los decibelios como unidad de medida, y su expresión matemática es:

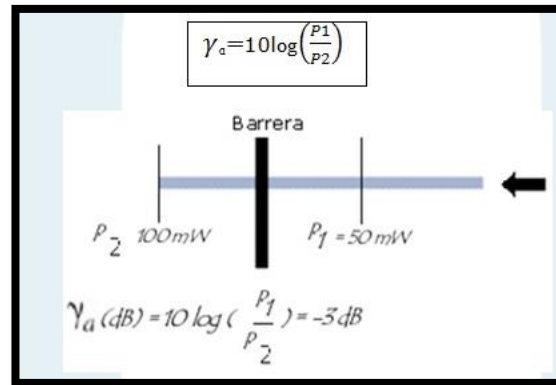


Figura 6.3. Ejemplo de la atenuación. [12]

Cuando una onda de radio se estrella con un obstáculo, parte de su energía se absorbe y se convierte en otro tipo de energía, mientras que otra parte se atenúa y sigue propagándose. Es posible que otra parte se refleje. La atenuación se da cuando la energía de una señal se reduce en el momento de la transmisión. Cuando la atenuación es positiva, se denomina amplificación, y cuando es negativa se denomina atenuación. En los casos de transmisiones inalámbricas, la atenuación es más común. La atenuación aumenta cuando sube la frecuencia o se aumenta la distancia. Asimismo, cuando la señal choca con un obstáculo, el valor de atenuación depende considerablemente del tipo de material del obstáculo. Los obstáculos metálicos tienden a reflejar una señal, en tanto que el agua la absorbe. El debilitamiento de la señal se debe en gran parte a las propiedades del medio que atraviesa la onda. La tabla siguiente muestra los niveles de atenuación para diferentes materiales:

Materiales	Grado de atenuación	Ejemplos
Aire	Ninguno	Aire libre, patio interno
Madera	Bajo	Puerta, piso, medianera
Plástico	Bajo	Medianera
Vidrio	Bajo	Ventanas sin teñir
Vidrio teñido	Medio	Ventanas teñidas
Agua	Medio	Acuario, fuente
Seres vivos	Medio	Personas, animales y plantas
Ladrillos	Medio	Paredes
Yeso	Medio	Medianeras
Cerámica	Alto	Tejas
Papel	Alto	Bobinas de papel
Concreto	Alto	Muros de carga, pisos, columnas
Vidrio a prueba de balas	Alto	Ventanas a prueba de balas
Metal	Muy alto	Concreto, espejos, armarios y cabinas metálicas

Figura 6.4. Niveles de atenuación para diversos materiales. [12]

6.2.2 ABSORCIÓN

La atmósfera terrestre no es un vacío. Más bien está formada por átomos y moléculas de diversas sustancias gaseosas, líquidas y sólidas. Algunos de esos materiales pueden absorber las ondas electromagnéticas. Cuando una onda electromagnética se propaga a través de la atmósfera terrestre, se transfiere energía de la onda a los átomos y moléculas atmosféricas. La absorción de onda por la atmósfera es análoga a una pérdida de potencia I^2R . Una vez absorbida, la energía se pierde para siempre, y causa una atenuación en las intensidades de voltaje y campo magnético, y una reducción correspondiente de densidad de potencia. La absorción de las radiofrecuencias en una atmósfera normal depende por lo general de su frecuencia, y es relativamente insignificante para frecuencias inferiores a 10 GHz. La siguiente figura muestra la absorción atmosférica, en decibelios por kilómetro, debida al oxígeno y al vapor de agua, para radiofrecuencias mayores de 10 GHz. Se aprecia que ciertas frecuencias se afectan más o menos por la absorción, y se producen picos y valles en las curvas. La atenuación de ondas debida a la absorción no depende de la distancia a la fuente de radiación, sino más bien a la distancia total que la onda se propaga a través de la atmósfera. En otras palabras, para un medio homogéneo, cuyas propiedades son uniformes en todo él, la absorción sufrida

durante el primer kilómetro de propagación es igual que la del último kilómetro. También, las condiciones atmosféricas anormales, como por ejemplo lluvias intensas o neblina densa, absorben más energía que una atmósfera normal. La absorción atmosférica se representa por η y, para una onda que se propaga de R_1 a R_2 , es $(R_2 - R_1)$, siendo el coeficiente de absorción. Así, la atenuación de onda depende de la relación R_2/R_1 , y la absorción de onda depende de la distancia entre R_1 y R_2 . En el caso más real, es decir, en un medio no homogéneo, el coeficiente de absorción varía mucho de acuerdo con el lugar y origina difíciles problemas para los ingenieros de sistemas de radio.

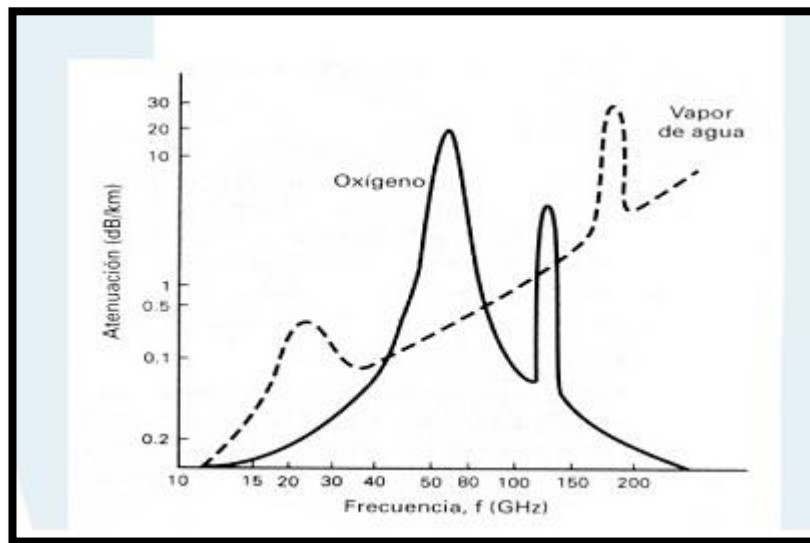


Figura 6.5. Absorción atmosférica de las ondas electromagnéticas. [12]

En los medios elásticos y homogéneos, las ondas se propagan en línea recta. Ahora bien, la dirección de desplazamiento de los movimientos ondulatorios se modifica cuando la onda llega a la frontera de separación entre dos medios diferentes.

6.2.3 Reflexión:

La reflexión se produce cuando en su desplazamiento, la onda cambia de dirección al incidir sobre una superficie de separación entre dos medios, de tal modo que regresa al medio inicial, por lo que no existe cambio de medio.

Se cumple así, que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión siempre y cuando la superficie sea lisa; en cambio, cuando la superficie presenta rugosidad, el ángulo de reflexión toma distintos valores que el ángulo de incidencia (reflexión difusa).

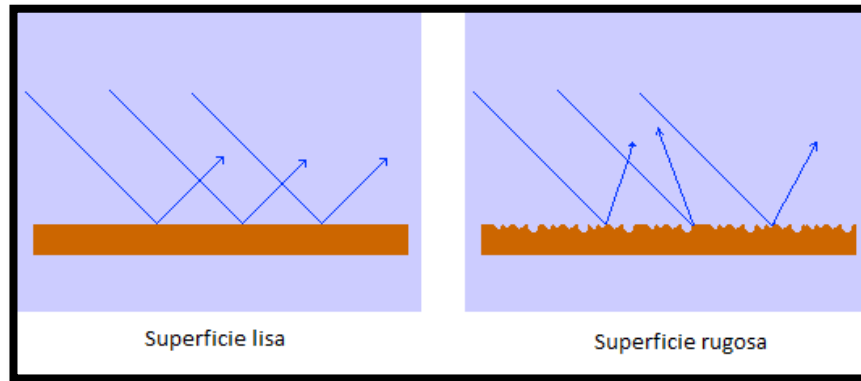


Figura 6.6. Reflexión de una onda sobre una superficie rugosa. [13]

Existe una fracción de energía que pasa al segundo medio en forma de onda transmitida, y éste, también depende del tipo de superficie de separación de ambos medios.

Por ejemplo, cuando el segundo medio tiene una superficie de separación muy lisa y reflectante (un espejo), se refleja prácticamente toda la energía y apenas existe transmisión.

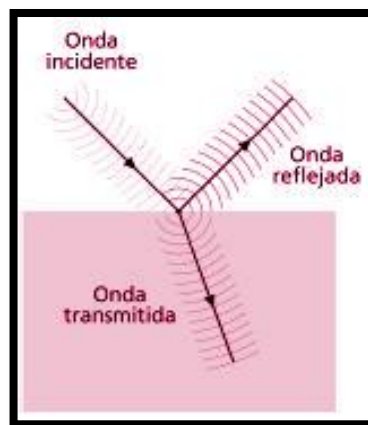


Figura 6.7. Ejemplo de onda transmitida. [13]

6.2.4 Refracción:

La refracción se produce cuando en su desplazamiento, la onda cambia de dirección y de medio. En este fenómeno, a diferencia de la reflexión, el ángulo de la onda incidente y el ángulo de la onda refractada son distintos.

El ángulo que forma la onda refractada con la normal, llamado ángulo de refracción, está relacionado con el ángulo de incidencia por una fórmula de una ley llamada Ley de Snell, en honor a su descubridor, el físico Willebrord Snell.

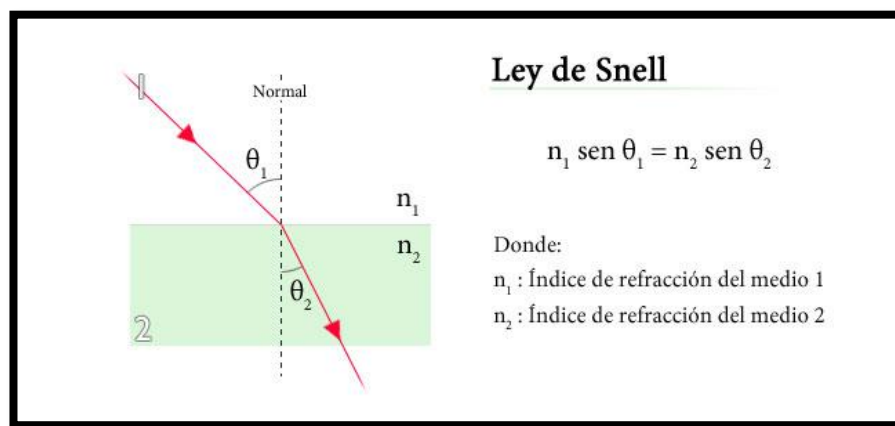


Figura 6.8. Representación de la ley de Snell. [14]

Índices de refracción: Es una medida de relación. Un cociente entre la velocidad de propagación en el vacío y el medio.

$$n = c/u$$

Donde c es la velocidad de la luz en el vacío y u es su velocidad en el medio dado ($n > 1$).

Cuanto mayor sea el índice de refracción más refringente es el medio.

Agua: 1,33

Vidrio: 1,5

Cuando la onda al refractarse se mueve de un medio menos refringente a un medio más refringente el rayo se acerca a la normal; si por el contrario la onda se mueve de un medio menos refringente a un medio más refringente el rayo se aleja de la normal, pudiendo producirse el llamado ángulo de reflexión total o ángulo límite.

6.2.5 Difracción:

Al interponer en el camino de una onda plana una barrera con una abertura, las vibraciones procedentes de los puntos que están a ambos lados de la abertura no pueden avanzar y detrás de la barrera sólo se observa el envolvente de las ondas que proceden de los focos secundarios que caben por la abertura. En consecuencia, los frentes de onda dejan de ser planos y adquieren una forma curvada o semicircular. Este fenómeno se llama difracción.

Para que se observe bien la difracción es necesario que la rendija sea del mismo tamaño o menor que la longitud de onda. Si es mayor la curvatura de los frentes de onda se produce únicamente en los bordes y puede llegar a no apreciarse

Si el tamaño de la rendija es igual al de la longitud de onda, la difracción es total y la intensidad recibida en la pantalla disminuye lentamente desde el máximo situado en frente de la rendija.

Si el tamaño de la rendija es el triple que la longitud de onda. La difracción se produce cerca de cada uno de los bordes y a medida que nos alejamos de la rendija se observan perfiles de frentes de onda casi planos del tamaño de su abertura. Las ondas difractadas en las proximidades de cada borde se amortiguan y por ello la intensidad decae bruscamente desde el máximo.

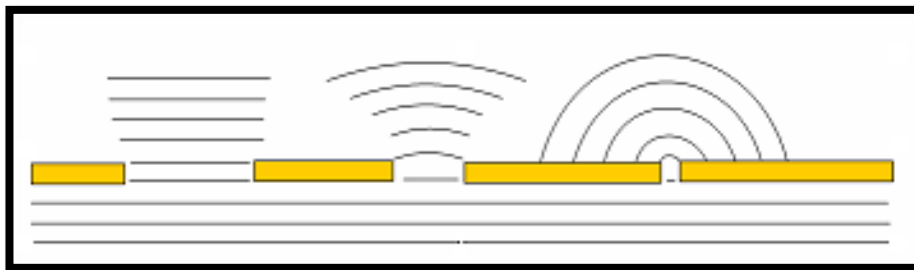


Figura 6.9. Representación de las distintas formas de difracción. [15]

6.2.6 Interferencia:

La interferencia consiste en el acto de oponerse o como su nombre lo indica interferir con la forma normal de una onda; esta se produce siempre que se combinen dos o más ondas electromagnéticas provocando con ello alteraciones en la forma original de la señal, degradando el óptimo funcionamiento del sistema. Los fenómenos de refracción,

reflexión y difracción son fenómenos propios de la óptica geométrica, fundamentados principalmente en el comportamiento de rayos y frentes de onda.

Sin embargo, la interferencia obedece al principio de la superposición lineal de las ondas electromagnéticas el cual se presenta cuando dos o más ondas ocupan el mismo punto del espacio en forma simultánea. Este principio explica que la intensidad total de voltaje en un punto dado en el espacio, corresponde a la sumatoria vectorial de cada una de las señales incidentes.

La figura 31 muestra la interferencia entre dos ondas electromagnéticas en el espacio libre. En el punto X las dos ondas ocupan el mismo lugar en el espacio. Sin embargo la onda B ha recorrido una trayectoria diferente a la de la onda A y, en consecuencia, sus ángulos de fase relativos pueden ser distintos. Si la diferencia de distancias recorridas es un múltiplo entero impar de la mitad de la longitud de onda, se presenta la anulación total. Si la diferencia es un múltiplo entero par de la mitad de la longitud de onda, tiene lugar un reforzamiento. Lo más probable es que la diferencia de distancias sea intermedia entre las dos, y se produce una anulación o reforzamiento parcial. Para frecuencias menores que VHF, las longitudes de onda relativamente grandes evitan que la interferencia sea un problema apreciable. Sin embargo, con UHF o más, la interferencia ondulatoria puede ser grave.

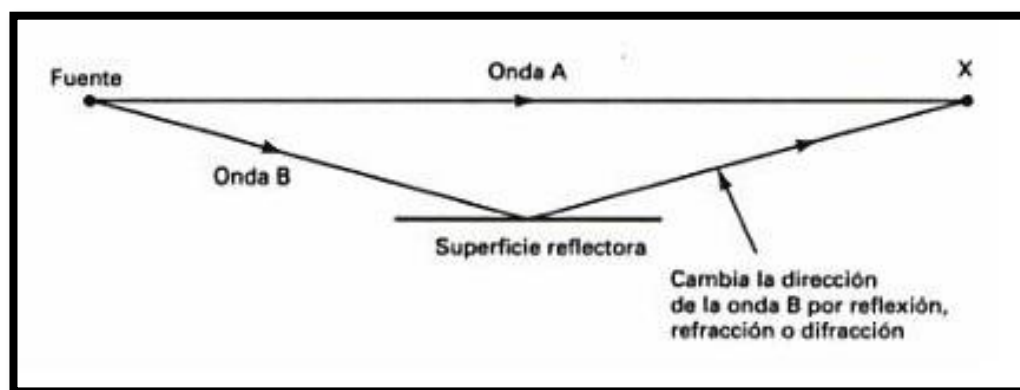


Figura 6.10. Interferencia de dos ondas. [16]

7 RESULTADOS

7.1 Resultados de validación

Al comenzar el proyecto, lo primero fue la familiarización con las herramientas del laboratorio.

Primero se aprendió a usar el código con el que se dibuja en 3D con MATLAB. Para ello en MATLAB primero se define un espacio, que es donde tendrán lugar las simulaciones, este espacio está delimitado por paredes “invisibles”, cuyo grosor y material de construcción es posible variar. Las propiedades de dichas paredes dependerán de estos dos factores. El proyecto se centra en la localización de mascotas dentro de casas o de pisos, por lo que a la hora de dibujar, primero se diseñó un sencillo dúplex. MATLAB dibuja todo mediante cajas, a estas cajas hay que especificarles donde está su centro en las tres direcciones del espacio, y luego definir sus dimensiones. Por último se elige el material de la pared, o si se quiere que se trate de una puerta, tanto abierta como cerrada. Aquí hay que tener especial cuidado de que ninguna caja se esté superponiendo a otra, o que ninguna salga del espacio definido inicialmente, e incluso que ninguna caja coincida con las paredes que limitan el espacio. De no cumplirse estas especificaciones la simulación para la obtención de los resultados dará error.

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

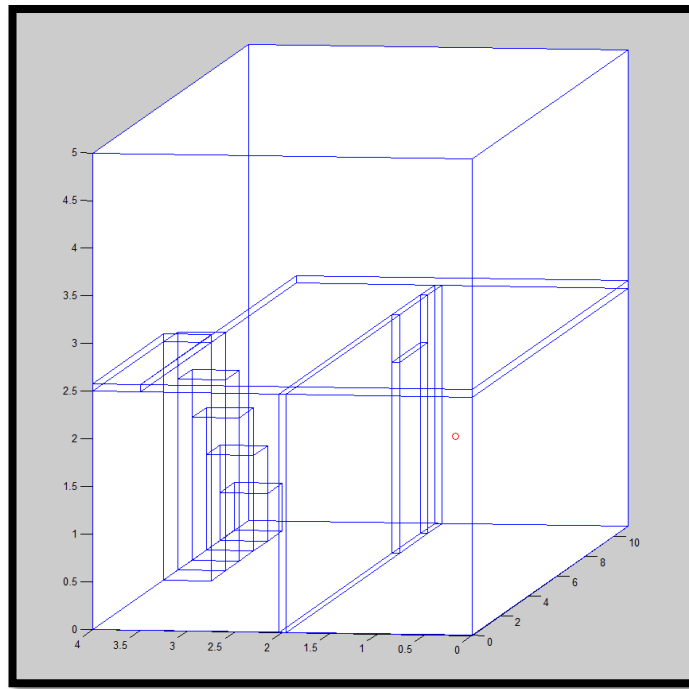


Figura 7.1. Primer diseño de un espacio cerrado con Matlab.

Una vez que la casa está diseñada el siguiente paso es amueblarla, y el método de construcción de objetos es similar al anterior, mediante cajas. Por ejemplo para la construcción de una silla son necesarias primero cuatro cajas alargadas que hagan de patas, después se necesita otra caja más ancha que haga de asiento y por último otra caja alargada que haga de respaldo. Ahora solo queda asignarle el material, como madera, metal, plástico, etc. Para asignar un material es necesario tener dos datos, la constante dieléctrica y la conductividad eléctrica.

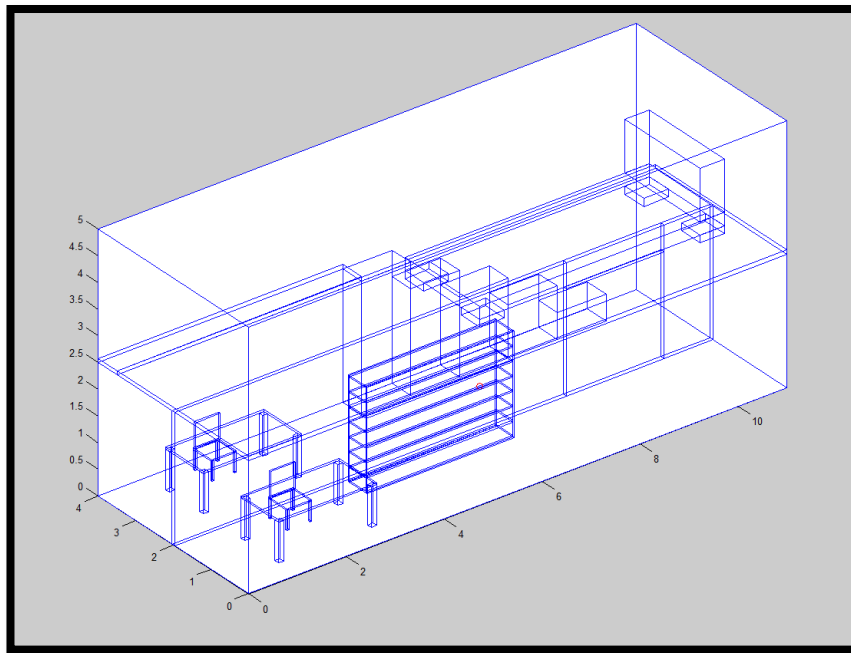


Figura 7.2. Primer diseño amueblado.

Cuando se tiene todo diseñado, es la hora de hacer las simulaciones. Para ello se coloca la antena en el lugar deseado, y a cierta altura. La antena es de tipo omnidireccional y se le especifica que lance un rayo por cada grado, así la señal viaja en todas las direcciones. El número de rebotes también puede modificarse, pero para acercarse a unos datos que asemejen con la realidad se le asignan 5 o 6 rebotes. Con más de 6 rebotes la señal prácticamente no cambia y por ello se usa 6 como número máximo de rebotes, ya que aumentar estos significaría aumentar el tiempo de simulado para que en los datos no se aprecie ningún cambio significativo.

Para analizar el espacio creado, MATLAB, usa cubos de análisis. Las dimensiones del cubo se pueden elegir, teniendo en cuenta que unos cubos muy pequeños darán buenos resultados cerca de la fuente pero con forme la distancia se aumenta con forme a ella, se

podrán dar casos en los que por estos cubos no pase ningún rayo, así que la media obtenida no será un dato fiable lejos de la fuente. Pero si se hacen los cubos mucho más grandes, mejoraran los resultados lejos de la fuente, pero cerca de esta se integraran muchos rayos dentro de este cubo de análisis por lo que tampoco serán muy fiables los datos. Para ello hay que buscar un punto medio o un tamaño de cubo que satisfaga los intereses buscados en cada estudio.

7.1.1 Modelado del perro

El siguiente paso es diseñar el modelo de perro. Para ello, es necesario conocer las proporciones de los perros entre cuerpo y cabeza y las dimensiones de estos según la clasificación de tamaños:

Las razas de perros se pueden clasificar según su tamaño en (Gigante, grande, mediano, pequeño y miniatura).

Mini→ Entre 1kg y 3 kg y unos 13 cm de alto.

Pequeño→ Entre 3 kg y 10 kg y unos 50 cm de alto.

Mediano→ Entre 12 kg y 25 kg y unos 65cm de alto.

Grande→ Entre 27 y 45 kg y unos 75 cm de alto.

Gigante→ Más de 45 kg y más de 70 cm de alto.

Ejemplos:

Chihuahua de bolsillo (mini)

Peso: Peso ideal entre 1,5 kg y 3 kg. Son tolerados los perros entre 500 gr y 1,5 kg. Serán descalificados los ejemplares con menos de 500 gr y con más de 3 kg.



Figura 7.3. Medidas de un chihuahua. [17]

El carlino (pequeño)

El peso ideal es entre 6,3 y 8,1 kg (14 18 libras inglesas). Mide unos 30-36 cm a la cruz.

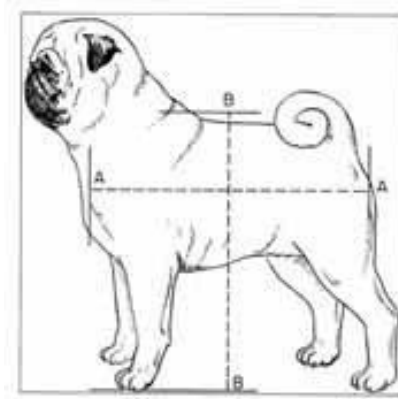


Figura 7.4. Dimensiones de un carlino. [18]

El san Bernardo (gigante)

Entre 55 y 90 Kg

La proporción deseada entre la altura de la cruz y la longitud del cuerpo (medida desde la punta del hombro hasta la punta de la nalga) es de 9:10.

La longitud total de la cabeza es poco mayor que la tercera parte de la altura de la cruz.

La proporción entre la profundidad del hocico (medida en su raíz) y su longitud es aproximadamente 2:1

La longitud del hocico es poco mayor que la tercera parte de la longitud total de la cabeza.

Se diseñó mediante cajas, de una manera muy simple. A dicha función de creación del perro solo es necesaria la introducción de su longitud y de su altura, lo demás se construye a proporción. El problema surgió cuando se quiso añadir el material, es decir, el pelo del perro. Para añadir un material a la lista de la que se disponía al comenzar el proyecto, es necesario el conocimiento de dos parámetros, la conductividad eléctrica y la constante dieléctrica. Así que primero se buscó en internet y fue imposible la localización de estos datos del pelaje de los perros, así que lo siguiente fue buscar en libros de la universidad y en los artículos dentro de la biblioteca virtual de la que se dispone en la

UPNA, desafortunadamente con el mismo resultado que anteriormente. Finalmente se optó por contactar con empresas de peluquería y cosmética canina. Primero se puso en contacto con TEMPLO ANIMAL, pero respondieron que ellos solo eran una tienda, así que facilitaron el contacto de la empresa de cosmética que ellos usaban, NOGA. Se escribió a esta empresa y al tiempo se obtuvo respuesta. Contestaron que la constante dieléctrica ellos no tenían ningún dato, y que por lo tanto serían necesarios experimentos empíricos para poder obtener dicho parámetro. Así que se decidió no gastar más tiempo en esa búsqueda y se puso al perro como si fuera solo de piel, sin pelo.

A continuación se presenta el código de Matlab con el que se implementa el perro, y las imágenes que se obtuvieron con dicha programación.

```
function cuerpo = fabricaperro(x0,y0,z0,h,posicion,orientacion)

%%Versión 1.1%%
%%En esta versión se incluye la posibilidad de de tumbar el cuerpo y
%%ponerlo bocabajo en las posturas configuradas originalmente

%%Si recuerdas poder hacer algo diferente con el codigo del cuerpo humano,
%%busca una versión mas actualizada ;- )

l=h*0.9;
if h>10&&h<35

elseif h>35&&h<65

elseif h>65

end
n=42;
htorso=h/2;
hpata=h/2;
anchopata=h/8;
anchocabeza=h/3;
altocabeza=h/3;
largocabeza=h/2.6;
largomorro=largocabeza/3;
anchomorro=anchocabeza;
altomorro=altocabeza/2;
anchorabo=h/12;
largorabo=l/2.75;
pecho=h/3;

cuerpo=[
    x0,y0,z0+h-htorso/2,pecho,l,htorso,n
    x0+pecho/2-anchopata/2,y0+l/2-anchopata/2,z0+h-htorso-hpata/2,anchopata,anchopata,hpata,n
    x0-pecho/2+anchopata/2,y0+l/2-anchopata/2,z0+h-htorso-hpata/2,anchopata,anchopata,hpata,n
    x0+pecho/2-anchopata/2,y0-l/2+anchopata/2,z0+h-htorso-hpata/2,anchopata,anchopata,hpata,n
    x0-pecho/2+anchopata/2,y0-l/2+anchopata/2,z0+h-htorso-hpata/2,anchopata,anchopata,hpata,n
    x0,y0+l-largocabeza,z0+h+altocabeza/2,anchocabeza,largocabeza,altocabeza,n
    x0,y0+l-largocabeza+largocabeza/2+largomorro/2,z0+h+altocabeza/4,anchomorro,largomorro,altomorro,n
    x0,y0-l/2-largorabo/2,z0+h-anchorabo/2,anchorabo,largorabo,anchorabo,1];
```

Figura 7.5. Parte primera parte del código de implementación del perro.

```
%posicion

matrizcambio=cuerpo;
matrizcambio(:,1)=cuerpo(:,1)-x0;
matrizcambio(:,2)=cuerpo(:,2)-y0;
matrizcambio(:,3)=cuerpo(:,3)-z0;

matrizvir=zeros(size(cuerpo));
matrizvir(:,1)=x0;
matrizvir(:,2)=y0;
matrizvir(:,3)=z0;

if posicion==2
    cuerpo=matrizvir-matrizcambio
    cuerpo(:,3)=matrizvir(:,3)+matrizcambio(:,3);
    cuerpo(:,4)=-cuerpo(:,4);
    cuerpo(:,5)=-cuerpo(:,5);
    cuerpo(:,6)=-cuerpo(:,6);
    cuerpo(:,7)=-cuerpo(:,7);
end

if posicion==3
    cuerpo(:,1)=matrizvir(:,1)-matrizcambio(:,2);
    cuerpo(:,2)=matrizvir(:,2)+matrizcambio(:,1);
    cuerpo(:,4)=matrizcambio(:,5);
    cuerpo(:,5)=matrizcambio(:,4);
end

if posicion==4
    cuerpo(:,1)=matrizvir(:,1)+matrizcambio(:,2);
    cuerpo(:,2)=matrizvir(:,2)-matrizcambio(:,1);
    cuerpo(:,4)=matrizcambio(:,5);
    cuerpo(:,5)=matrizcambio(:,4);
end

end
```

Figura 7.6. Segunda parte del código para la implementación del perro

```
%%Tumbado o de pie

matrizcambio=cuerpo;
matrizcambio(:,1)=cuerpo(:,1)-x0;
matrizcambio(:,2)=cuerpo(:,2)-y0;
matrizcambio(:,3)=cuerpo(:,3)-z0;

if orientacion==1
    cuerpo(:,1)=matrizcambio(:,3)+x0;
    cuerpo(:,2)=matrizcambio(:,2)+y0;
    cuerpo(:,3)=matrizcambio(:,1)+z0;
    cuerpo(:,4)=matrizcambio(:,6);
    cuerpo(:,5)=matrizcambio(:,5);
    cuerpo(:,6)=matrizcambio(:,4);
end

if orientacion==2
    cuerpo(:,1)=-matrizcambio(:,3)+x0;
    cuerpo(:,2)=-matrizcambio(:,2)+y0;
    cuerpo(:,3)=-matrizcambio(:,1)+z0;
    cuerpo(:,4)=-matrizcambio(:,6);
    cuerpo(:,5)=-matrizcambio(:,5);
    cuerpo(:,6)=-matrizcambio(:,4);
end

if orientacion==3
    cuerpo(:,1)=matrizcambio(:,1)+x0;
    cuerpo(:,2)=matrizcambio(:,3)+y0;
    cuerpo(:,3)=matrizcambio(:,2)+z0;
    cuerpo(:,4)=matrizcambio(:,4);
    cuerpo(:,5)=matrizcambio(:,6);
    cuerpo(:,6)=matrizcambio(:,5);
end

if orientacion==4
    cuerpo(:,1)=-matrizcambio(:,1)+x0;
    cuerpo(:,2)=-matrizcambio(:,3)+y0;
    cuerpo(:,3)=-matrizcambio(:,2)+z0;
    cuerpo(:,4)=-matrizcambio(:,4);
    cuerpo(:,5)=-matrizcambio(:,6);
    cuerpo(:,6)=-matrizcambio(:,5);
end
```

Figura 7.7. Tercera parte del código

```
if orientacion==5
    cuerpo(:,1)=-matrizcambio(:,1)+x0;
    cuerpo(:,2)=-matrizcambio(:,2)+y0;
    cuerpo(:,3)=-matrizcambio(:,3)+z0+h;
    cuerpo(:,4)=-matrizcambio(:,4);
    cuerpo(:,5)=-matrizcambio(:,5);
    cuerpo(:,6)=-matrizcambio(:,6);
end
```

Figura 7.8. Ultima parte del código empleado para la implementación del perro

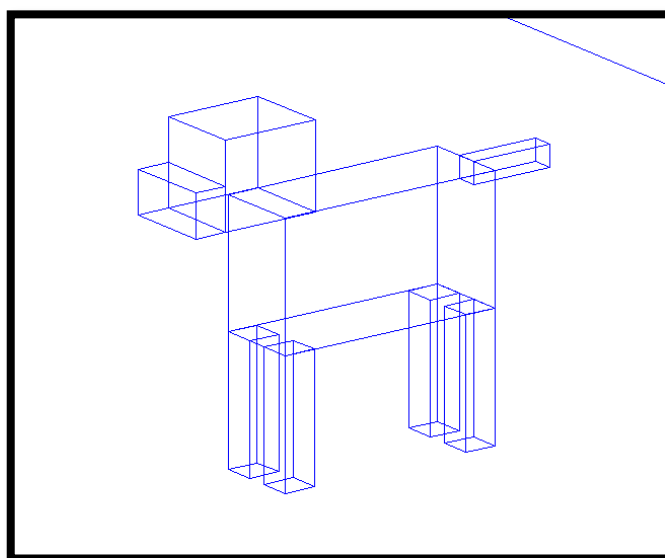


Figura 7.9. Perro diseñado mediante MATLAB

Además el código está realizado para que se pueda variar el tamaño del perro y automáticamente se proporcione solo todo el cuerpo, además de poder girarlo tumbarlo, etc.

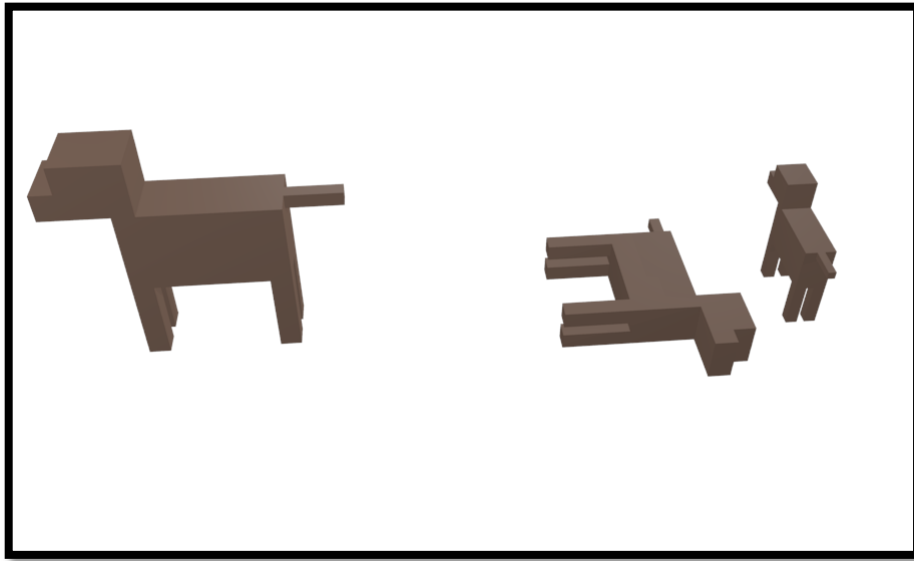


Figura 7.10. Imagen renderizada que muestra diferentes posiciones y tamaños con las que se puede variar al perro.

Posteriormente se volvió a analizar el escenario pero esta vez con un perro en su interior, se hicieron dos simulaciones para ver el efecto del perro en ellas. Una de las simulaciones fue con un perro grande de 60 centímetros hasta la cruz y otra con uno pequeño de 35 centímetros de alto hasta la cruz.

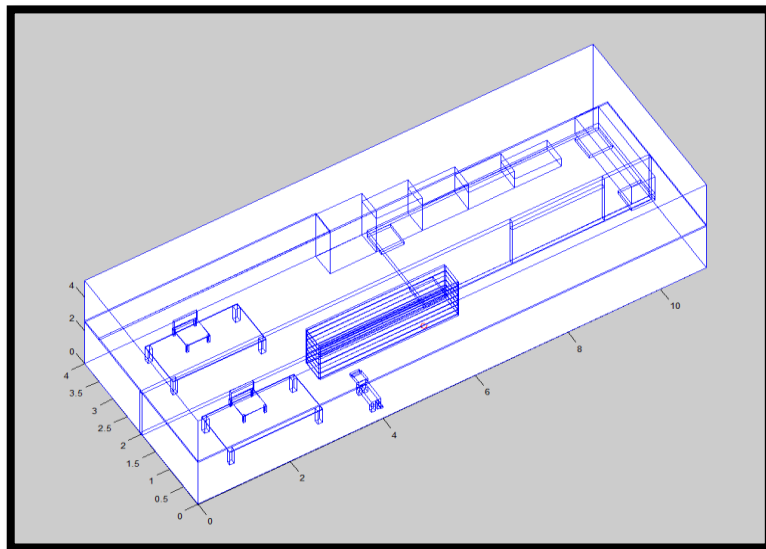


Figura 7.11. Escenario preparado para la simulación.

Cuando se obtienen los resultados MATLAB los presenta en una matriz, para su mejor comprensión se procesan dichos datos mediante el programa SigmaPlot, y así obtener las diferentes gráficas para observar de una manera más clara los resultados.

7.1.2 Primeras gráficas

Las gráficas que se obtienen son de potencia, delay spread y radiales. Las gráficas de potencia enseñan las diferencias de potencia entre los diferentes puntos del espacio conforme avanza la propagación de los rayos desde la antena.

Parámetros de simulación:

Tipo de antena	Número de rayos	Numero de rebotes	Altura de la fuente	Tamaño de los cubos de análisis
Omnidireccional	Uno por cada grado	5	0.7	30 cm cada lado

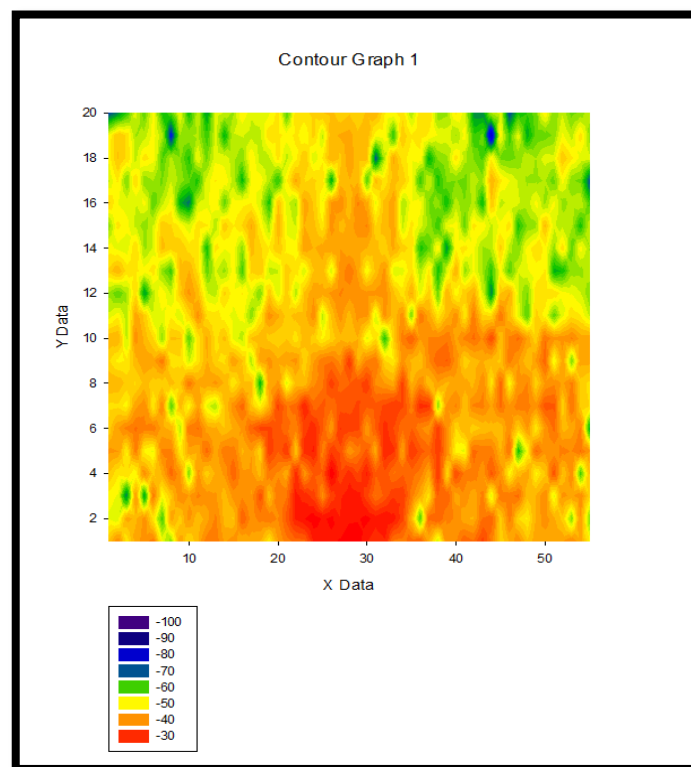


Figura 7.12. Gráfica de la potencia recibida en la primera fila de cubos de análisis con un perro grande.

La segunda gráfica que se obtiene es el delay spread, que es la diferencia de tiempo entre el primer rayo que pasa por un punto y el último en hacerlo. Mide la cantidad de multitrayecto que se dispone en un espacio. En un espacio abierto el delay spread es prácticamente nulo, ya que no hay rebotes, cuanto más pequeño sea el espacio de medición más rebotes abra y más tiempo se mantendrá la señal. También depende de los materiales con los que está construido nuestro escenario, un material metálico ofrece más rebotes que uno más absorbente, como por ejemplo la gomaespuma.

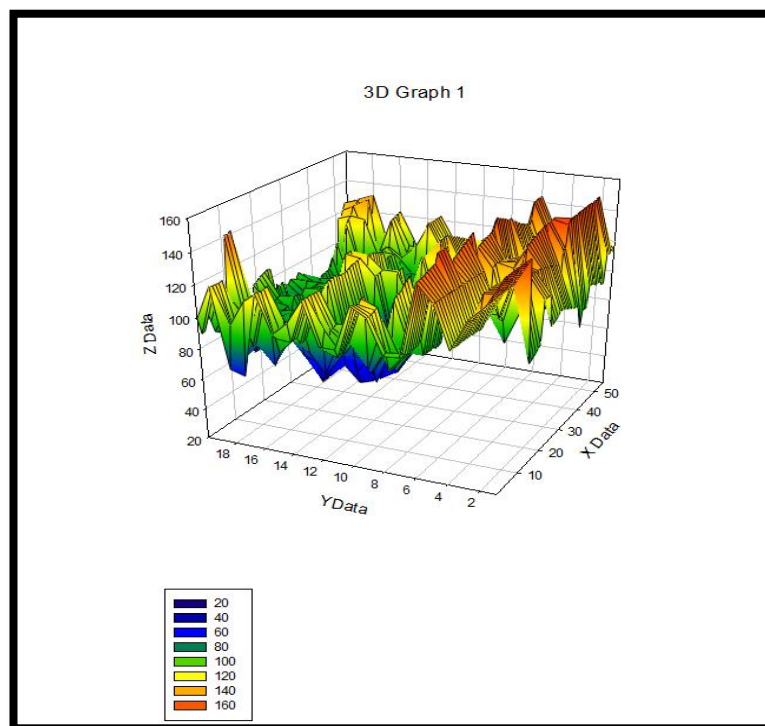


Figura 7.13. Gráfica del delay spread en la primera línea de cubos de análisis con un perro grande.

La última gráfica que se obtiene es la de radiales, sirve para demostrar que en un espacio cerrado no sirven los modelos de propagación al aire libre, ya que debido a los rebotes de los rayos, y a su multitrayecto la señal no cae poco a poco con el tiempo, sino que tiene picos y por lo tanto se necesita un modelo de propagación más avanzado. Además también sirve para validar con medidas reales, y así poder trabajar desde el ordenador con un escenario real, pero esto se explicará más adelante con el escenario real que se ha diseñado en MATLAB.

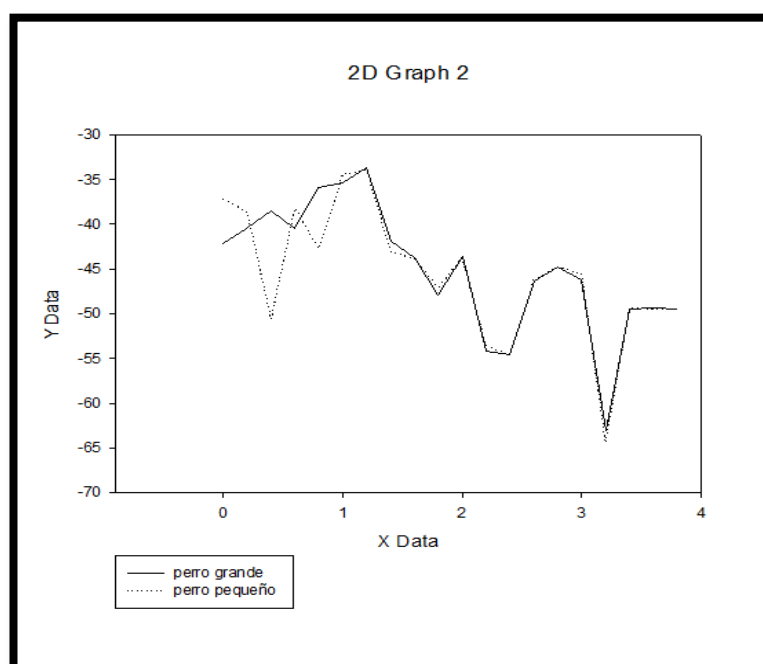


Figura 7.14. Radiales del espacio medido para dos perros de diferente tamaño

8 Modelado virtual del escenario real

Una vez aprendidos los principios básicos se realizaron las medidas in situ del piso que posteriormente iba a ser modelado, para poder caracterizar dicho espacio en MATLAB lo más parecido a la realidad. Una vez realizadas las medidas se dispuso a diseñar el piso de la Milagrosa, en el laboratorio, no solo con las paredes sino que también con todo el mobiliario que pudiera ser posible modelado. A la hora de dibujar, el problema más grande que surgió fue porque las paredes de dentro del piso iban por encima de las paredes que están de límite del espacio diseñado, y debido a ello las simulaciones daban error.

Para la modelización de este piso se necesitó buscar la constante dieléctrica y la conductividad eléctrica de varios materiales, como por ejemplo el mármol para la encimera de la cocina, o la tela de los sofás, pero lo que causó mayor inconveniente y más tiempo tardó en ser resuelto, fue el diseño del espejo que hay en la pared del pasillo, con el salón al otro lado. Primero se debe saber que un espejo es un cristal, con una capa de metal adherida en la parte de atrás, esta capa puede ser de plata o de cobre. En el diseño del espejo, el grosor de este es equivalente, al grosor de la capa de metal, ya que para las medidas el cristal no ofrece prácticamente resistencia alguna al paso de la señal, mientras

que la capa metálica puede hacer que gran parte de esta señal rebote y no se reparta homogéneamente por el piso. Por último se realizó una exhaustiva búsqueda de las propiedades dieléctricas de la plata y se introdujo la plata como un nuevo material, al igual que con el mármol y la tela. Así también se amplía la biblioteca de materiales disponibles para futuros proyectos.

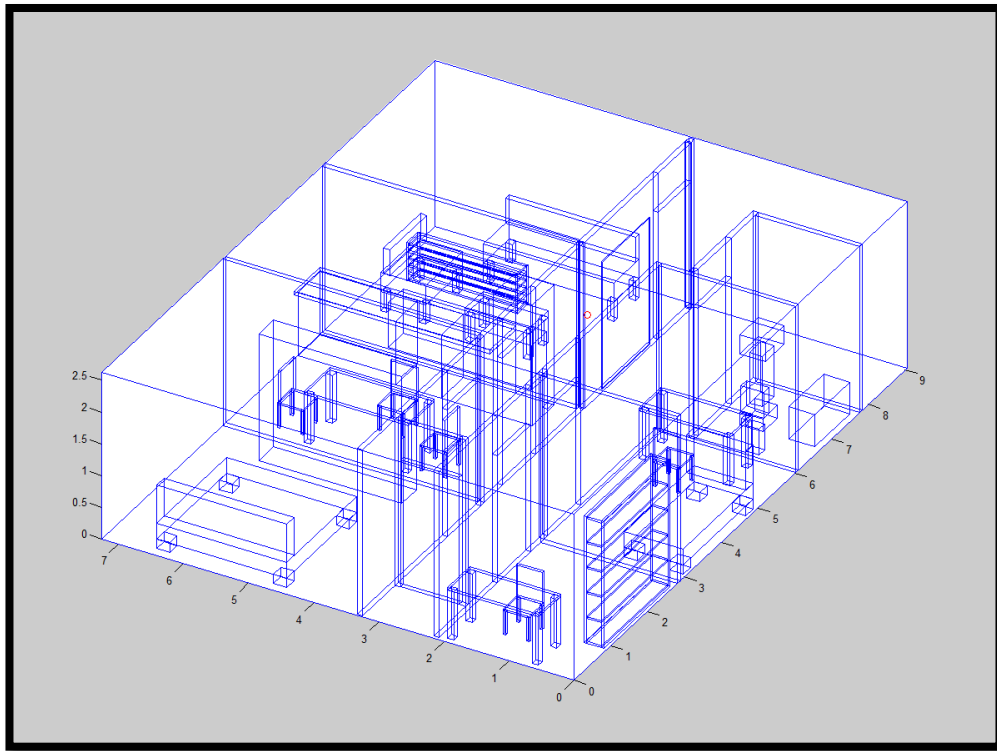


Figura 8.1. Vista en perspectiva del piso modelado

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

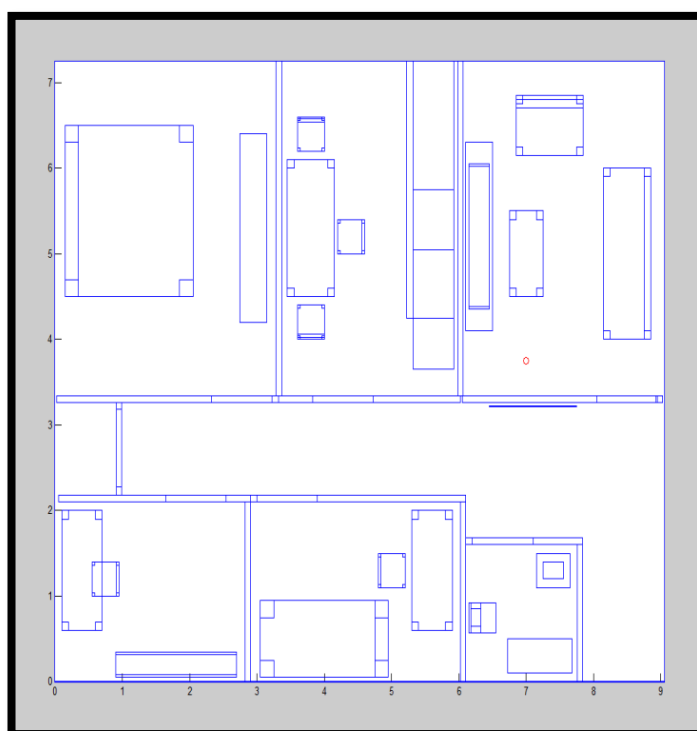


Figura 8.2. Planta del piso modelado

Para una mejor visualización del entorno diseñado, se ha utilizado el programa Blender, para conseguir imágenes más claras y precisas.

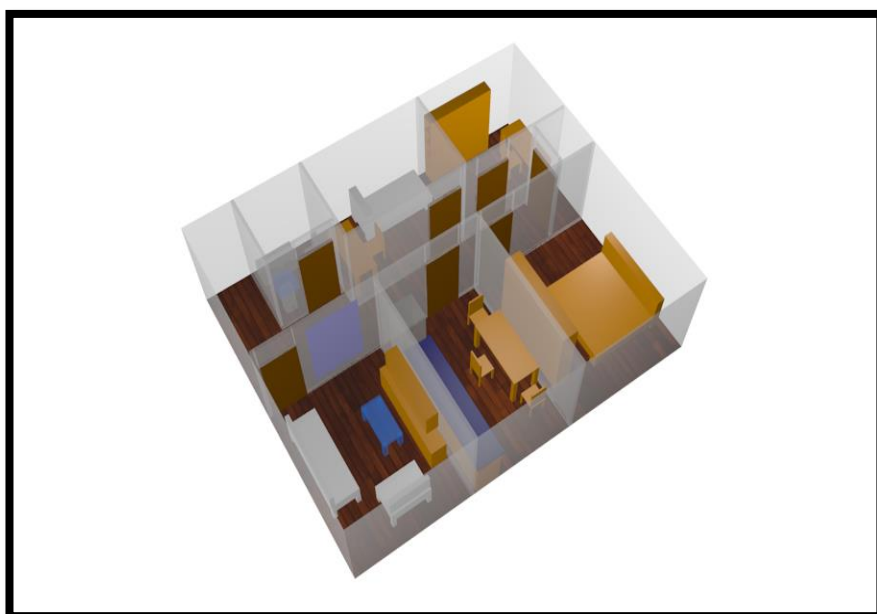


Figura 8.3. Blenderizado del piso modelado.

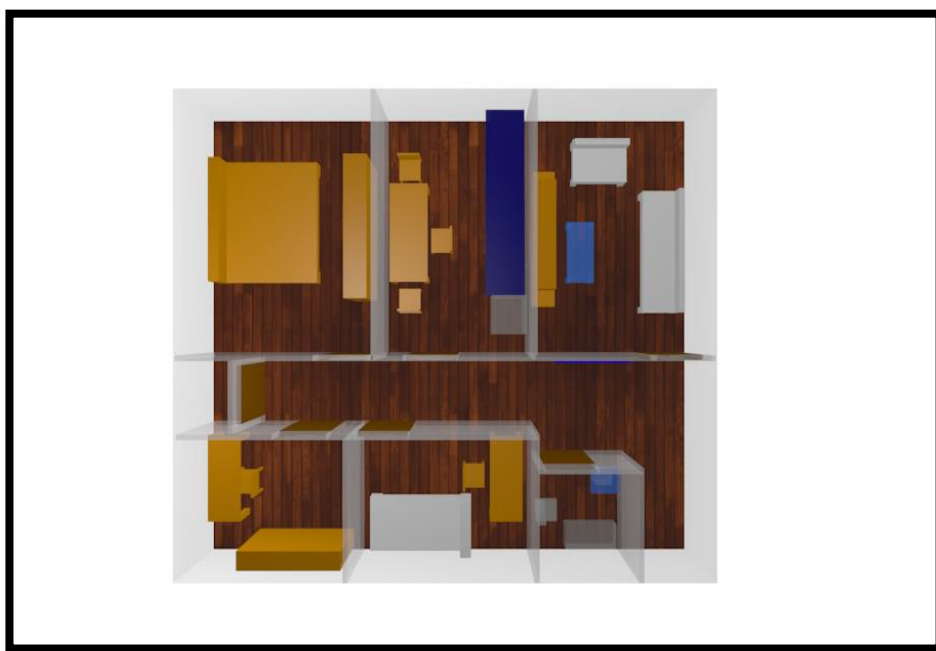


Figura 8.4. Planta del piso modelado después de usar blender.

9 Medidas sin perro

Una vez que el piso está modelado, se pasa a la siguiente fase que son las medidas. Primero se calculan los datos mediante las simulaciones, esto se hace varias veces, con diferentes números de rayos y de rebotes y con diferentes tamaños de los cubos de análisis. Pero para obtener datos lo más aproximados posibles a la realidad, se utilizan 4, 5 o 6 rebotes de los rayos, con un rayo por cada grado (fuente omnidireccional) y a los cubos de análisis se les da un tamaño de 60 cm, 30 cm, 20 cm o 5 cm, dependiendo de los resultados que se quieran obtener. A continuación se presenta alguna de las gráficas obtenidas mediante el SigmaPlot en este proceso.

9.1 PLANOS DE POTENCIA

En esta gráfica de potencia, se pretende comprobar que todo está bien diseñado y puede usarse como espacio de simulaciones. En la siguiente gráfica, es posible observar que el piso no es un espacio libre, pues la gráfica no sigue una distribución regular, sino que hay alteraciones provocadas por los distintos objetos y paredes de la escena. Así como

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

puede ser el hecho de que en ciertas zonas un rayo se aleje y otro se acerque y se anulen, o entren en fase y se potencie la señal en dicho punto.

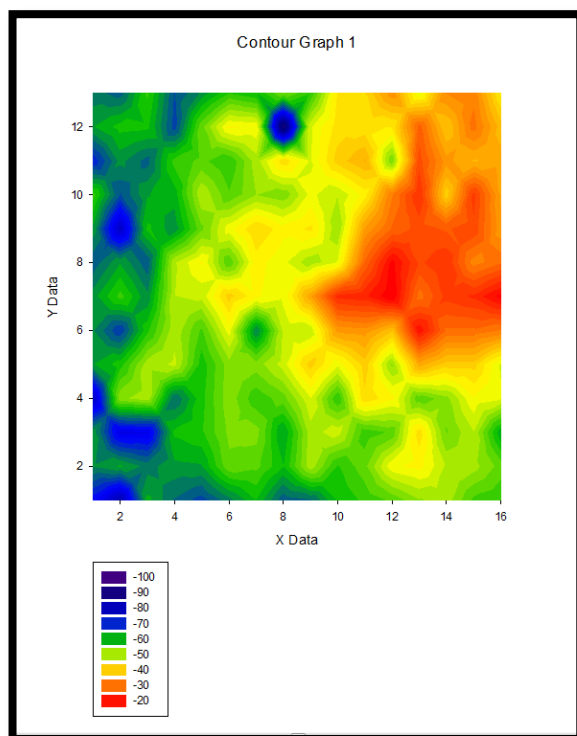


Figura 9.1. Gráfica obtenida de la simulación del piso con 5 rebotes de rayos y tamaño de los cubos de análisis de 60 cm (primera fila de cubos).

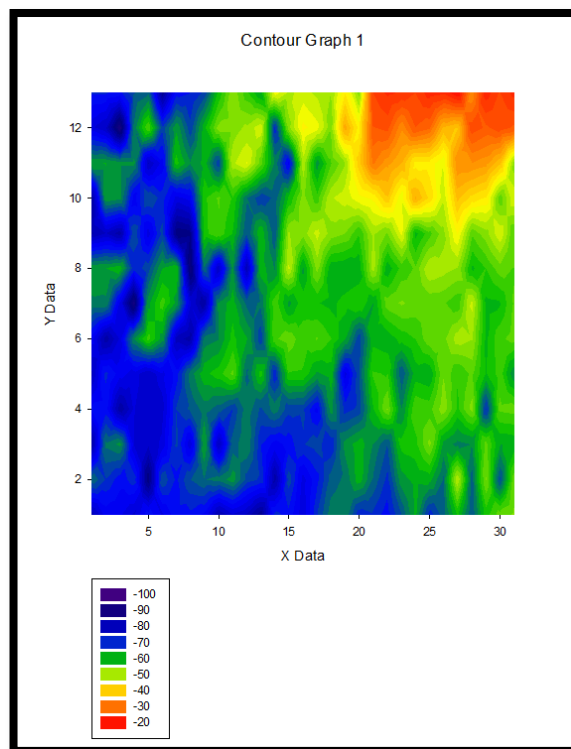


Figura 9.2. Gráfica obtenida de la simulación del piso con 6 rebotes y tamaño de los cubos de análisis de 30 cm (segunda fila de cubos).

Principalmente la diferencia entre estas dos gráficas radica más en el tamaño de los cubos de análisis que en el rebote de los rayos. Como se ha explicado antes, al ser el cubo mayor engloba a mas rayos, y al ser el cubo más pequeño, con forme se aleja de la fuente puede que analice espacios sin ningún rayo. Por eso hay que buscar siempre un equilibrio en el tamaño de estos cubos.

Una vez las medidas se han simulado en el ordenador, se tuvo que comprobar que dichos datos se correspondieran con la realidad. Para ello se realizaron medidas reales, de radiales y espectrogramas en el piso de la milagrosa.

9.1.1 PROBABILIDAD DE ERROR

El parámetro de calidad de un enlace digital es la “tasa de bit erróneo” BER, también denominada “probabilidad de bit erróneo” P_b , que es la probabilidad de que un bit sea recibido incorrectamente.

Se produce un bit erróneo porque se ha recibido un símbolo erróneo. El ruido y la interferencia corrompen el símbolo transmitido de manera que el circuito de decisión del receptor no ha podido identificarlo correctamente.

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right)$$

N_0 Es el ruido de la escena, y para calcular la probabilidad de error he usado valores típicos de (-70 dBm/Hz, -90 dBm/Hz, -110 dBm/Hz).

E_b Es la energía por bit y se puede calcular de la siguiente manera:

$$E_b = \frac{P_{Rx}}{R_b}$$

R_b Es la tasa de transmisión de bits y para mis cálculos he usado dos valores típicos, (250 kbps y 57600 bps).

Todas las gráficas corresponden al caso de 6 rebotes por rayo y 30 cm de lado para los cubos de análisis.

Las siguientes gráficas muestran la probabilidad de error para una tasa de 250 kbps:

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

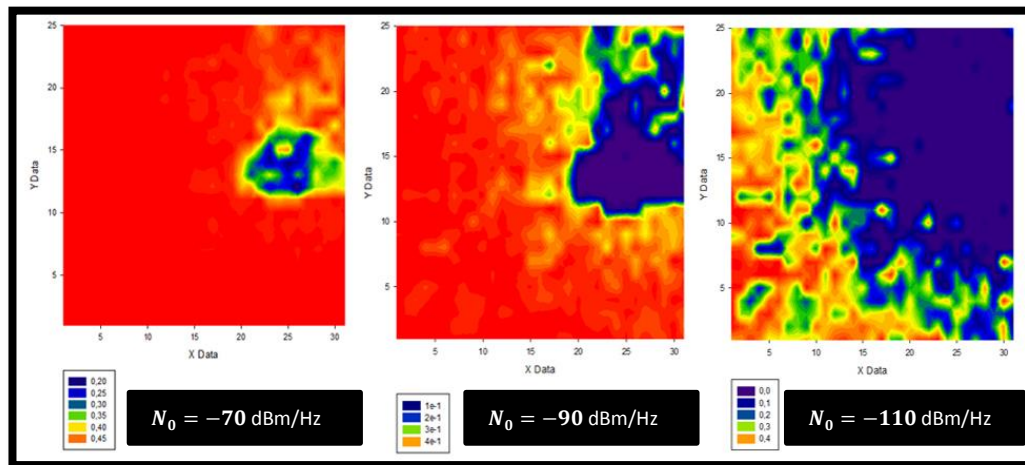


Figura 9.3. Gráficas que muestran la probabilidad de error para una tasa de 250 kbps, en casos diferentes de ruido (-70dB, -90dB, -110dB).

Para el caso de 57600 bps de tasa de transmisión obtenemos las siguientes graficas que presento:

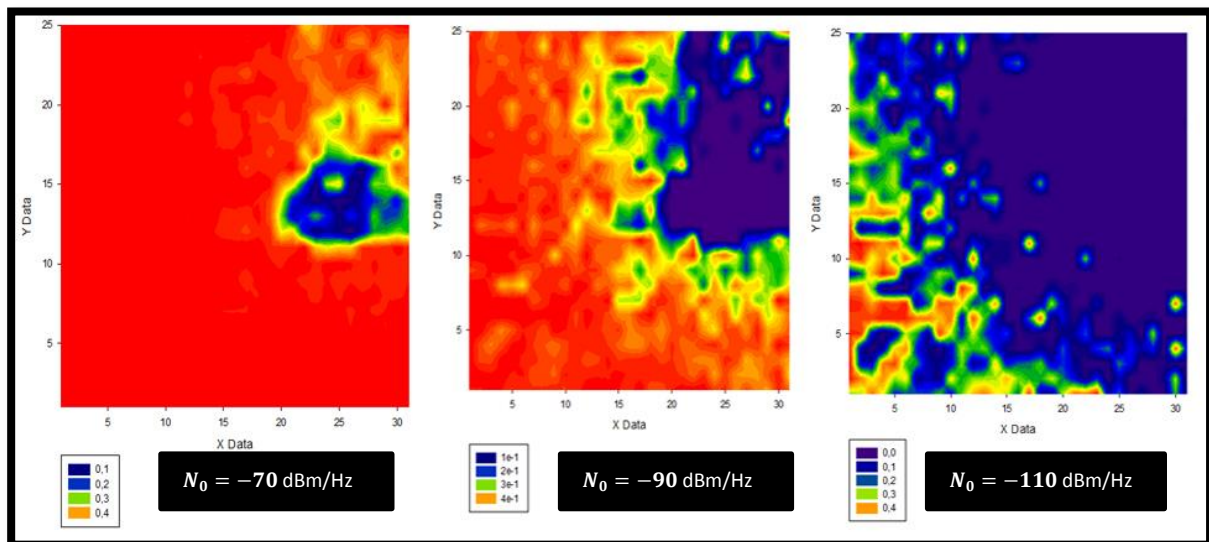


Figura 9.4. Gráficas que muestran la probabilidad de error para una tasa de 57600 bps, en casos diferentes de ruido (-70dB, -90dB, -110dB).

En las gráficas anteriores se observa como a medida que disminuye el ruido introducido, la probabilidad de error va disminuyendo, y de manera muy irregular como se puede observar, no es una frontera clara, sino compleja. Esto es producido por los distintos

objetos repartidos por la escena y sus correspondientes materiales. No se parece a una propagación en campo abierto donde la frontera sería completamente lineal.

9.2 RETARDO POTENCIA

Para calcular el retardo de potencia se mide el número de veces que el rayo pasa por un punto en concreto y la potencia que tiene en cada una de esas pasadas, esto es debido al multitrayecto de la onda que rebota con los diferentes obstáculos del piso (paredes, muebles, objetos...). También hay que tener en cuenta el espejo en el pasillo, ya que al ser una superficie reflectora tan grande altera en cierta medida el recorrido normal de las ondas, provocando más rebotes de los que en un principio se podrían esperar.

En la siguiente imagen se puede observar el retardo de los rayos al pasar por un punto en concreto del escenario. Para la obtención de estos resultados se han utilizado 5 rebotes por rayo y unos cubos de análisis de 60 cm de lado. El número de rayos de la fuente omnidireccional es de un rayo por cada grado.

Para la realización de las siguientes gráficas se han descartado todos los valores que estaban por debajo de los (-120 dBm), debido a la sensibilidad de los equipos usados.

Se ha escogido para su análisis la siguiente línea de datos marcada con una franja naranja:



Figura 9.5. Línea de datos analizada para el retardo potencia.

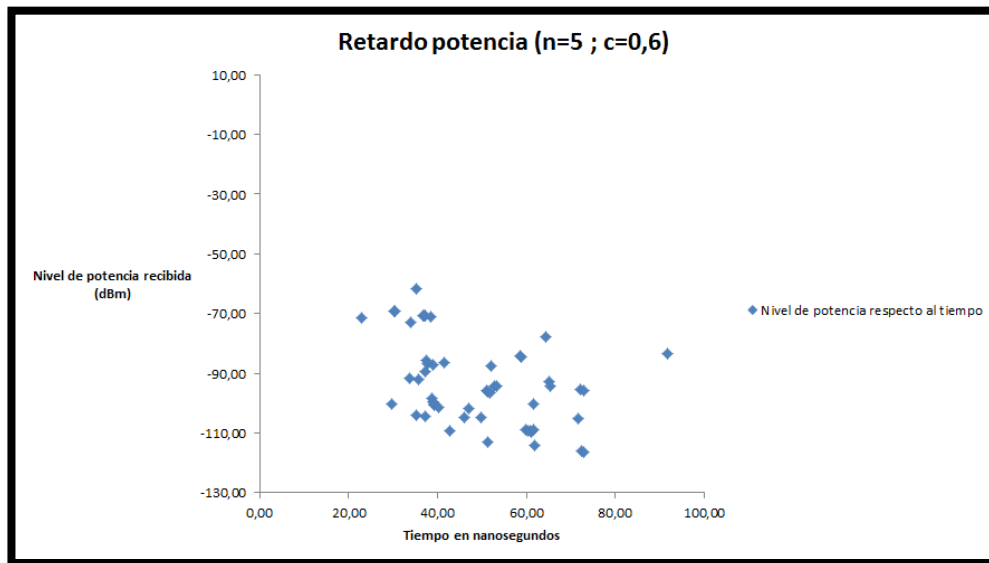


Figura 9.6. Retardo Potencia, niveles de potencia recogidos en un punto respecto al tiempo.

Para la siguiente figura, se ha analizado el mismo punto del espacio simulado, pero esta vez en número de rebotes es de 6 y los cuadros de análisis son de 30 cm de lado. El número de rayos de la fuente omnidireccional es el mismo que el de antes, que es un rayo por cada grado.

La línea de datos analizada ha sido en el mismo lugar que la anterior teniendo en cuenta que en este caso los cubos de análisis son de la mitad de ancho:



Figura 9.7. Muestra la línea de datos analizada para este segundo caso.

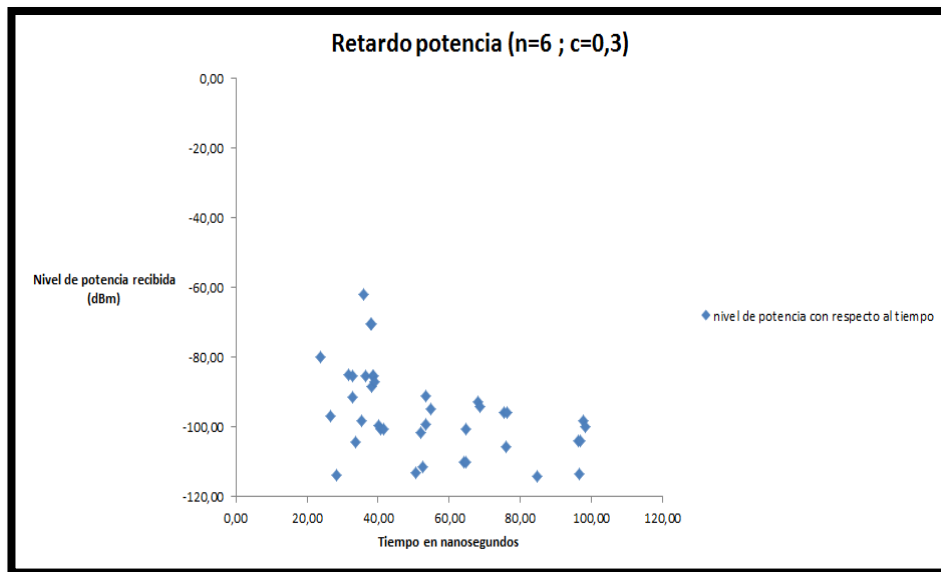


Figura 9.8. Retardo Potencia, niveles de potencia recogidos en un punto concreto con respecto al tiempo.

En ambas gráficas se puede observar que conforme avanza el tiempo los niveles registrados de potencia disminuyen y ya no se presentan tan concentrados, sino que están más diseminados.

9.3 DELAY SPREAD

El Delay Spread mide la diferencia de tiempo entre el primer rayo y el último, medido en nanosegundos, en cada punto de la escena. Así puede hacerse una idea de cuánto tiempo están los rayos rebotando en dicha escena, por si hubiera algo que los refleja mucho o si hay algo que los absorbe muy rápido.

Para la siguiente gráfica se ha usado la primera fila de cubos de análisis con 30 cm de lado. La antena emite en todas las direcciones y los rayos tienen un rebote máximo de seis veces.

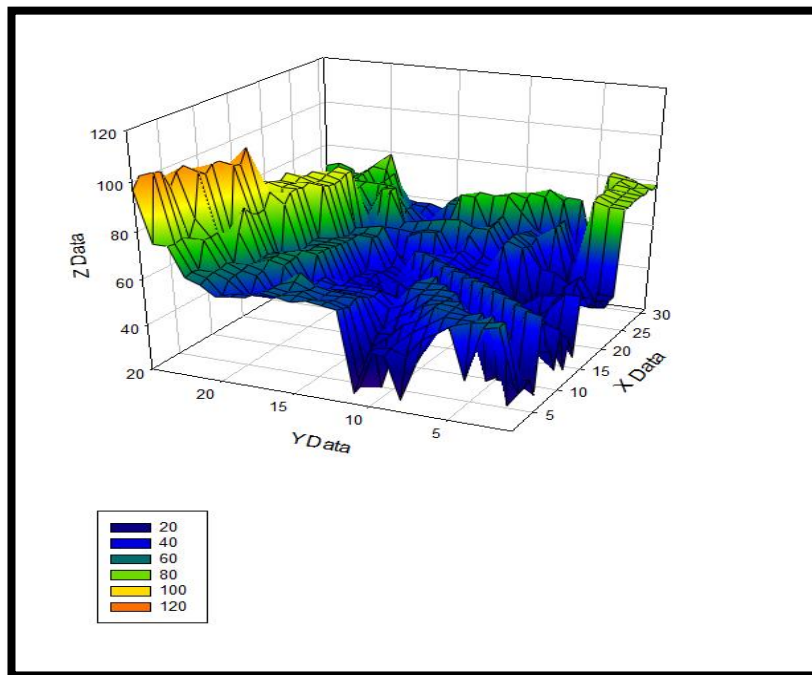


Figura 9.9. Gráfica de Delay Spread, sin perro y con 6 rebotes y cubos de 30 cm de lado.

En la gráfica anterior se observa que no hay un gran número de rebotes en la escena, tan solo en la parte izquierda de la gráfica se puede observar algo más de rebotes, debido a algún objeto que producirá más rebotes en esa zona que el resto de la casa.

Para la siguiente gráfica se han cambiado los valores de rebotes y los lados de los cubos. Para este nuevo caso, se han usado valores de 5 rebotes y cubos de análisis de 60 cm de lado.

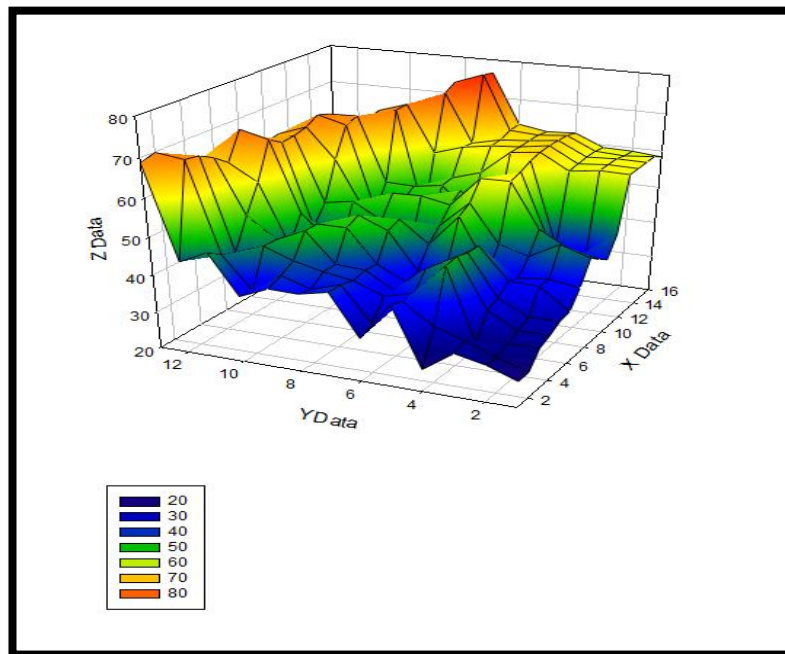


Figura 9.10. Gráfica del Delay Spread sin perro en el escenario y con 5 rebotes y 60 cm de lado para los cubos de análisis.

Con esta segunda gráfica se observa lo mismo que con la primera, que en la escena no hay un gran número de rebotes excepto en el margen izquierdo de la gráfica.

10 Medidas con perro

Cuando el piso vacío está modelado y simulado, el siguiente paso es introducir al sujeto de estudio, es decir, el perro. Así se puede identificar las variaciones en la onda que este animal puede llegar a producir.

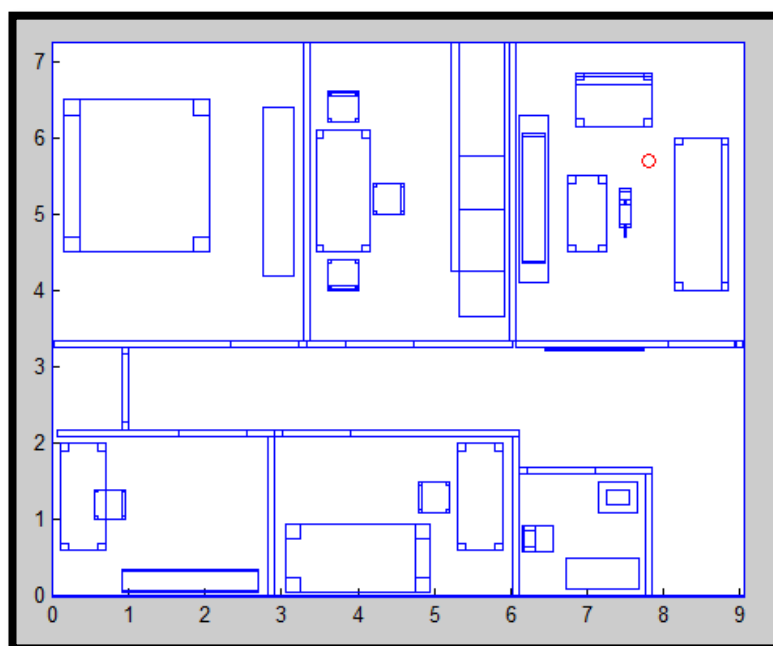


Figura 10.1. Piso de la milagrosa modelado con el perro en su interior.

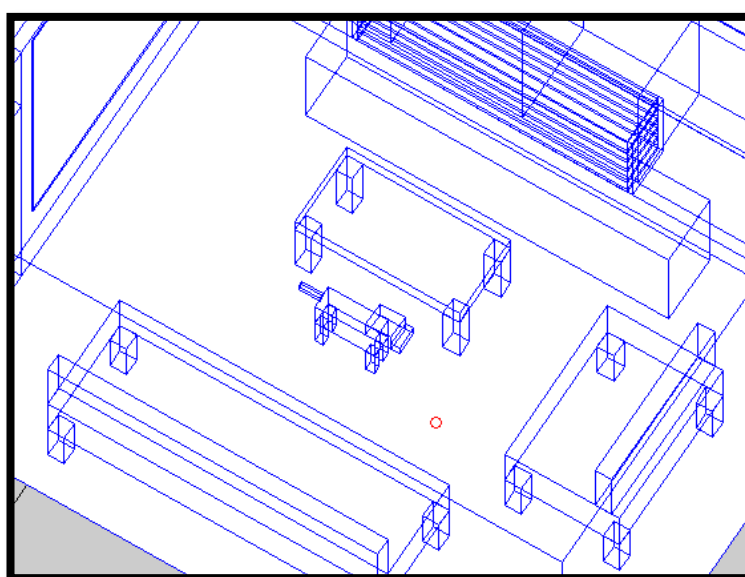


Figura 10.2. Detalle del perro situado en el salón.

Las simulaciones se han realizado con el perro situado en el salón como se ha observado en las dos fotos anteriores, debido a que las medidas del piso de la milagrosa se realizaron con el perro situado en ese mismo lugar. Para comparar las simulaciones

realizadas sin perro y con perro, se utilizan los mismos parámetros ahora que anteriormente cuando se han realizado las simulaciones sin perro. Es decir, una será de 6 rebotes por rayo, de un rayo por cada grado y los cubos de análisis serán de 30 cm. Y la otra simulación a comparar será de 5 rebotes por rayo, un rayo por cada grado y los cubos de análisis serán de 60 cm.

10.1 PLANOS DE POTENCIA

Estas gráficas muestran los niveles de potencia en cada punto del espacio simulado y analizado. En ellas se puede observar la disminución de potencia conforme se aleja de la fuente y que la propagación de dicha onda no se realiza de manera lineal, sino que está condicionada por el espacio simulado, y depende de los materiales con que se haya construido la escena.

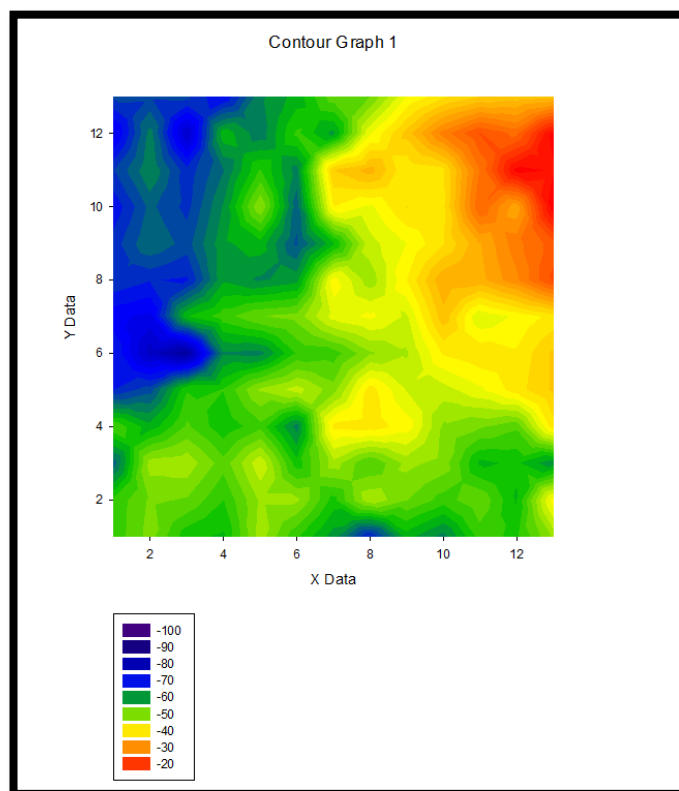


Figura 10.3. Grafica obtenida de la simulación del escenario con el perro, nº de rebotes por rayo es 5 y los cubos de análisis tienen los lados de 60 cm

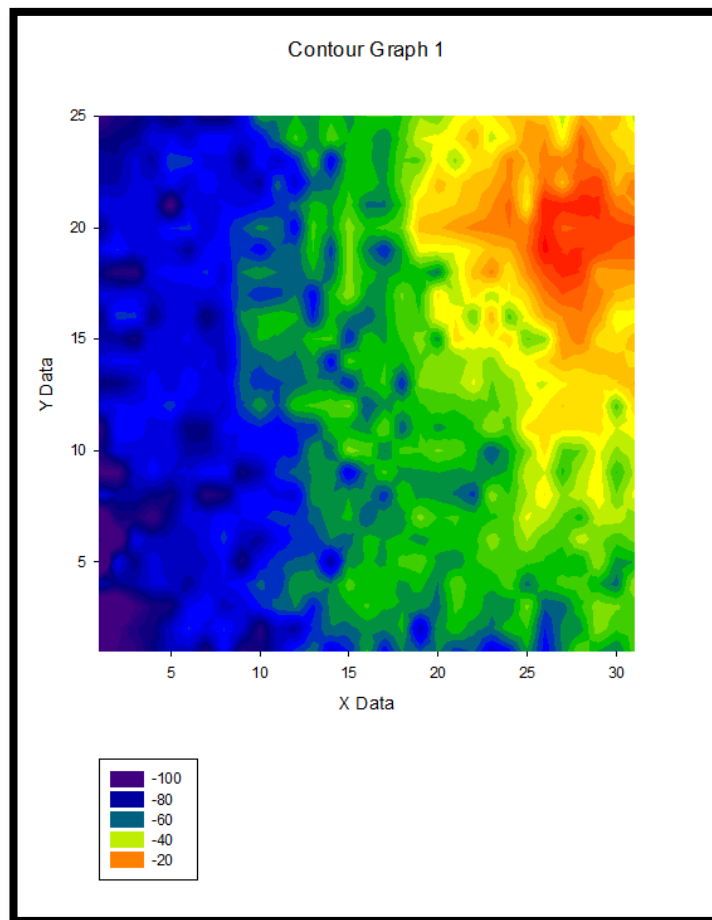


Figura 10.4. Gráfica obtenida de la simulación del escenario con perro. N^o de rebotes por rayo es de 6 y los lados del cubo de análisis son de 30 cm.

10.1.1 PROBABILIDAD DE ERROR

Igual que anteriormente se calculó la probabilidad de error para el caso sin perro, ahora se hace lo mismo para el caso con perro.

También igual que anteriormente el caso seleccionado para este cálculo es el de 6 rebotes por rayo y 30 cm de lado para los cubos de análisis.

Las siguientes gráficas muestran la probabilidad de error para la situación de 250 kbps:

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

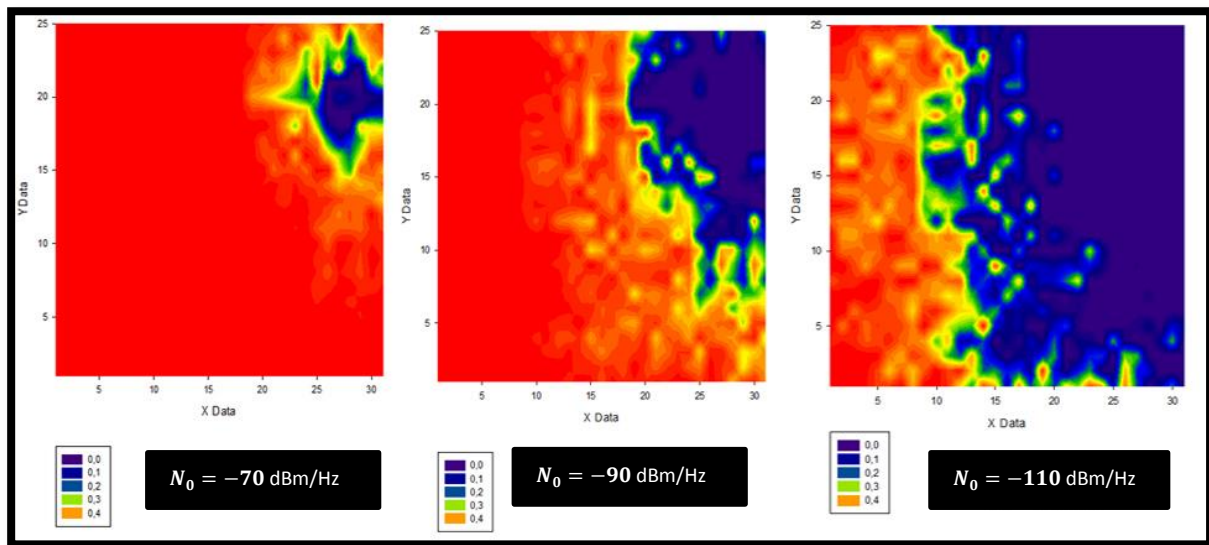


Figura 10.5. Gráficas que muestran la probabilidad de error para una tasa de 250 kbps, en casos diferentes de ruido (-70dB, -90dB, -110dB).

A continuación presento las gráficas correspondientes a la probabilidad de error con 57600 bps.

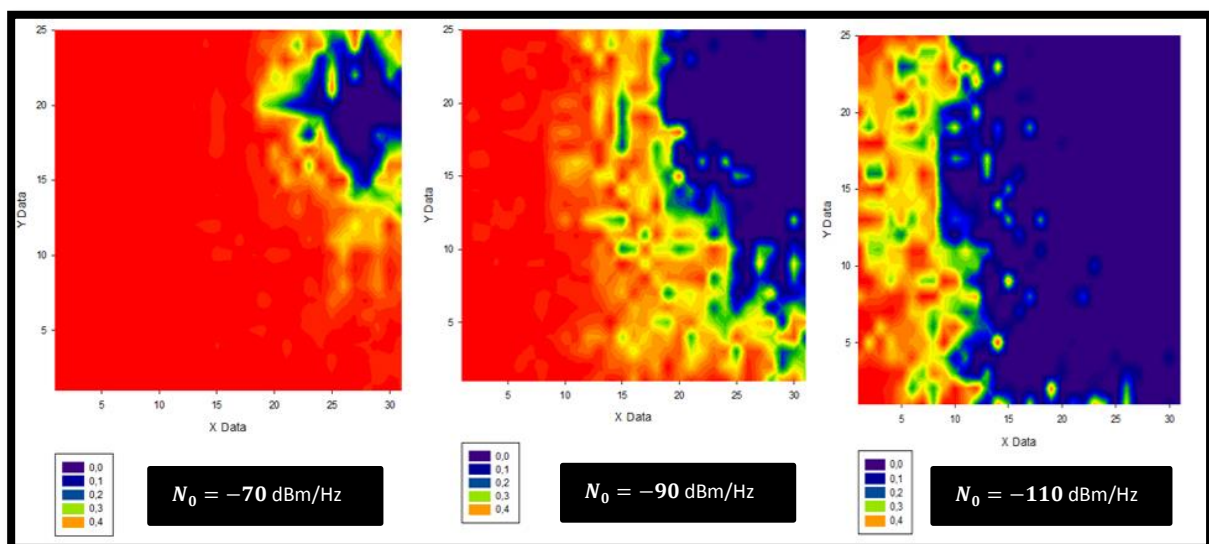


Figura 10.6. Gráficas que muestran la probabilidad de error para una tasa de 57600 bps, en casos diferentes de ruido (-70dB, -90dB, -110dB).

Al igual que anteriormente en estas sucesivas gráficas también se puede observar la disminución de la probabilidad de error conforme se disminuye el ruido presente en la escena. También sus fronteras no son lineales debido a la complejidad de la escena y que no es una situación de campo libre.

10.2 RETARDO POTENCIA

En las siguientes gráficas se presenta el retardo de potencia que se registra en las simulaciones realizadas con el perro en su interior. Con el fin de poder comparar las gráficas obtenidas de la simulación para este caso también se utilizan las mismas opciones de simulación que anteriormente, es decir, una es con 5 rebotes, un rayo por grado y cubos de análisis de 60 cm de lado y otra es de 6 rebotes, también un rayo por cada grado y los cubos de análisis son de 30 cm de lado.

Para la implementación de las dos gráficas de retardo de potencia se ha escogido un punto del espacio simulado correspondiente al salón, donde está nuestro perro, para ambas gráficas se ha escogido el mismo punto del salón para poder hacer las comparaciones pertinentes.

Para la implementación de las siguientes gráficas se han desechado los valores por debajo de los (-120 dBm), debido a la sensibilidad de los equipos utilizados.

Para calcular el retardo potencia se han escogido las mismas líneas de análisis que en el caso sin perro, para luego poder compararlas y poder observar si se han producido cambios en la propagación de las ondas.



Figura 10.7. Imagen de las dos líneas de datos seleccionadas para el cálculo del retardo potencia con perro. Izq. Para el caso de 30 cm y dcha. Para el caso de 60 cm.

Las siguientes gráficas muestran el retardo de potencia registrado en el espacio de simulación con la presencia de un perro en su interior. Dichas gráficas muestran el paso de los rayos por un espacio determinado, ya que estos rebotan en la escena y van perdiendo potencia con forme avanza el tiempo y se propagan por el espacio. Estas gráficas recogen la información y la presentan como una señal de potencia dependiente del tiempo transcurrido.

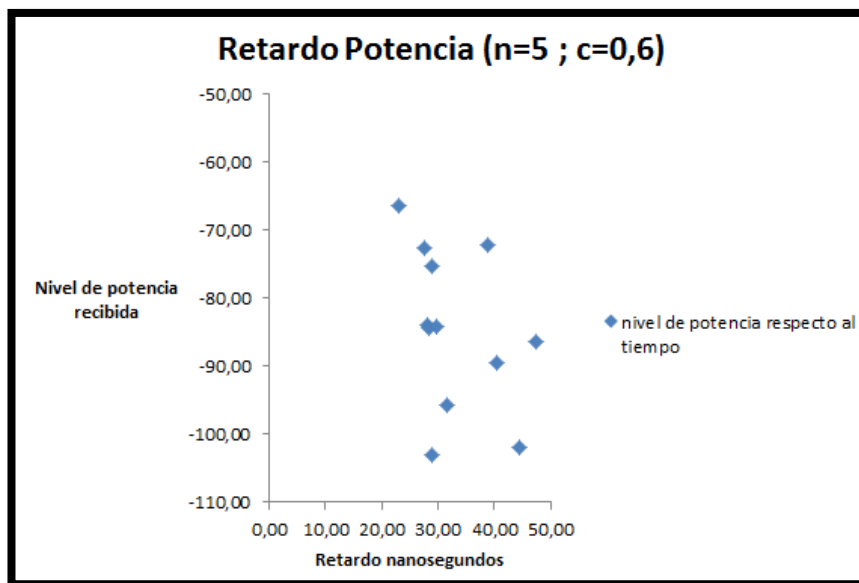


Figura 10.8. Gráfica obtenida en un punto concreto de la simulación con el perro en su interior.

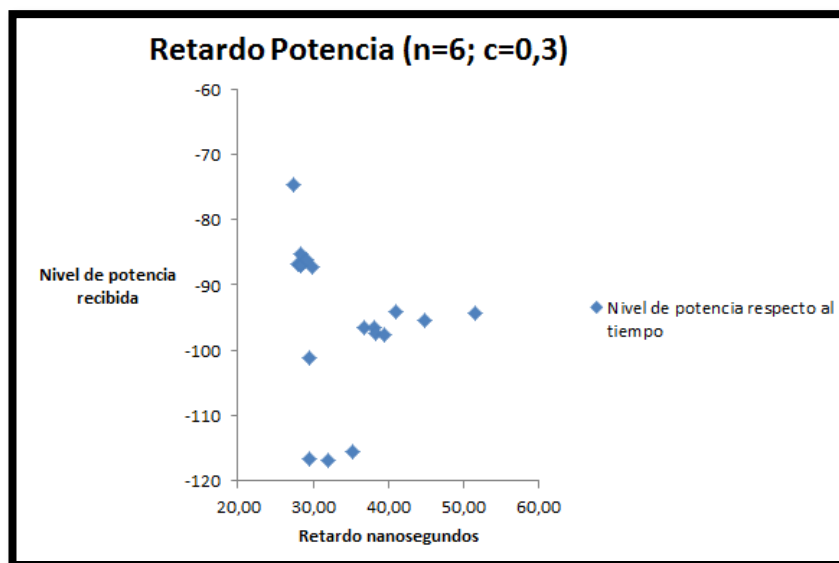


Figura 10.9. Gráfica obtenida en un punto concreto de la simulación con el perro en su interior.

10.3 DELAY SPREAD

En este apartado se presentan las gráficas del Delay Spread obtenidas con el perro en la escena. Con los mismos valores que en el caso sin perro, para así poder llegar a compararlas y poder observar cambios en la escena producidos por la presencia del perro.

La primera gráfica ha sido obtenida con seis rebotes y cubos de análisis de treinta centímetros.

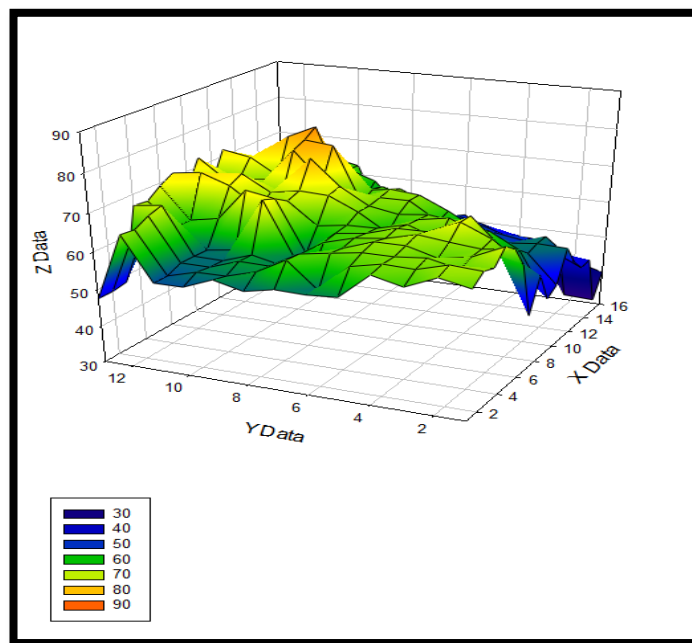


Figura 10.10. Gráfica para el Delay Spread, con perro y con seis rebotes y treinta centímetros de lado para los cubos de análisis

Con esta gráfica se observa que los niveles del Delay Spread aumentan, lo que quiere decir que hay una mayor reflectancia en la escena, producida por la introducción del perro.

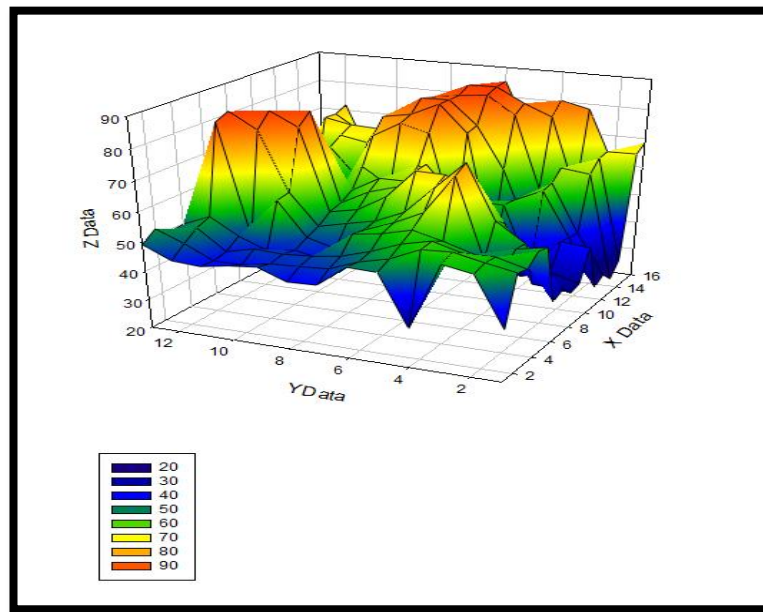


Figura 10.11. Gráfica para el Delay Spread con perro, cubos de análisis de 60 cm y 5 rebotes.

Esta segunda gráfica se confirma lo mismo que la primera, y es que el multitrayecto de los rayos en la escena ha aumentado con la presencia del perro.

11 ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS SIMULACIONES DEL PISO CON PERRO Y SIN PERRO

Terminadas ya las simulaciones y el estudio del piso, tanto con perro como sin él, es momento ahora de comparar ambos estudios para poder observar las diferencias existentes entre ellos, si es que las hubiera.

Para ello se van a utilizar primero gráficas comparativas de potencia. Para la implementación de dichas gráficas, se ha usado una línea de valores de potencia extraída de la matriz de valores obtenidos mediante los cubos de análisis. Tanto para el caso del perro como sin él, es seleccionada la misma línea en ambas situaciones y con los mismos valores de simulación.

11.1 Comparación de las gráficas de POTENCIA

Para esta primera gráfica se han usado unos cubos de análisis de 30 cm, como máximo los rebotes de los rayos son seis, y hay un rayo por cada grado. Además se ha usado la fila diez de valores de la segunda matriz, es decir, el espacio analizado con respecto a la altura es el que está entre los 30 cm y los 60 cm.

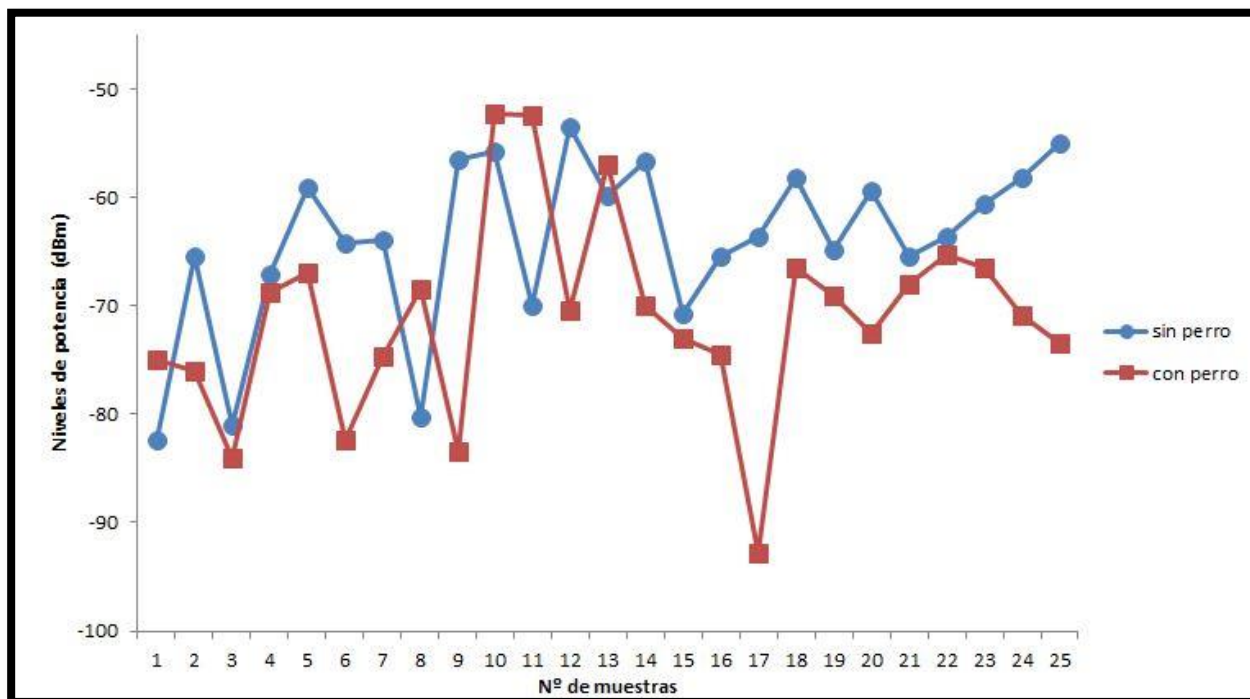


Figura 11.1. Gráfica comparadora de los niveles de potencia de las dos situaciones de la simulación (con perro y sin perro).

Para la segunda gráfica se han mantenido los valores de. Pero esta vez se han usado valores que corresponden a la primera matriz de los cubos de simulación, es decir, al espacio que va desde el suelo hasta los 30 cm.

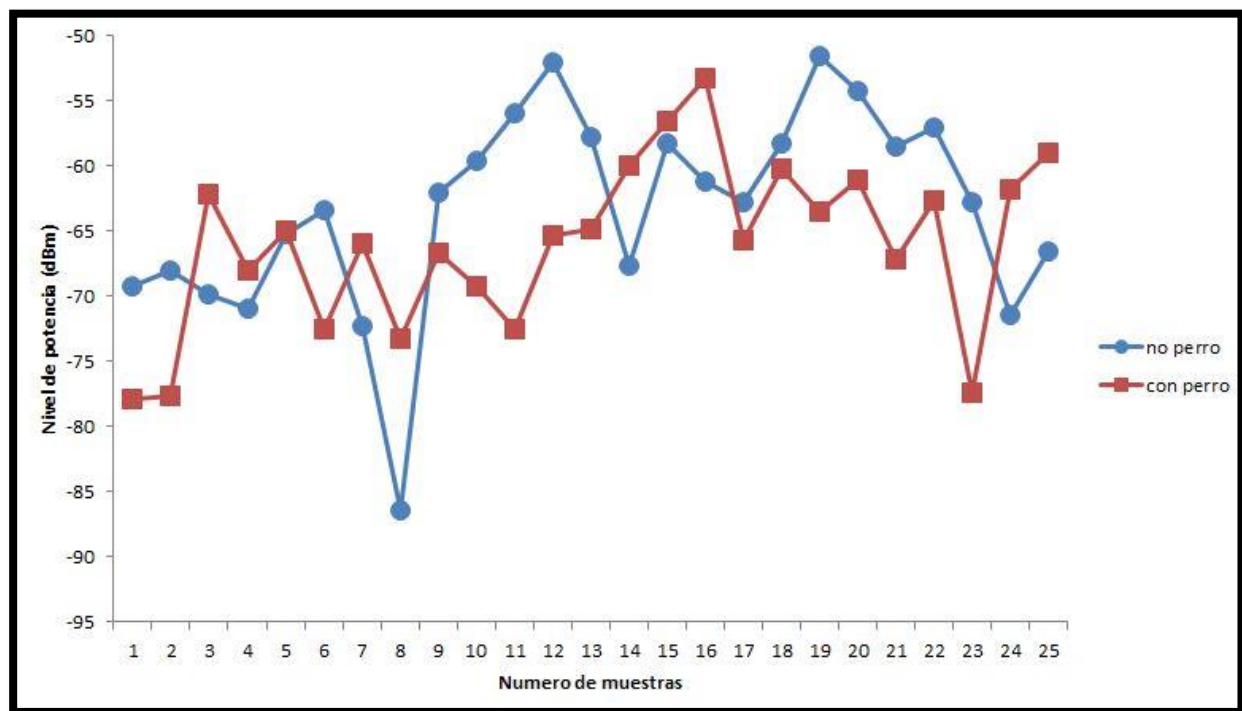


Figura 11.2. Gráfica que muestra ambos niveles de potencia, con perro y sin perro

En las gráficas comparadoras de potencia anteriores se ha podido observar que el perro introduce una diferencia notable entre las dos situaciones. La línea de la simulación con el perro tiene por lo general unos niveles más bajos, por lo que se puede suponer que este absorbe parte de la señal disminuyendo así la potencia de las señales recibidas.

11.2 Comparación de las gráficas de RETARDO

Para las comparaciones de retardo en las simulaciones, se ha escogido dos gráficas representativas, para poder explicar las alteraciones en las propagaciones de las ondas teniendo en cuenta la presencia del perro.

En esta primera gráfica se ha comparado el retardo con un número máximo de rebotes de 6, y unos cubos de análisis de 30 cm. Para las simulaciones se ha usado un rayo por cada grado.

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

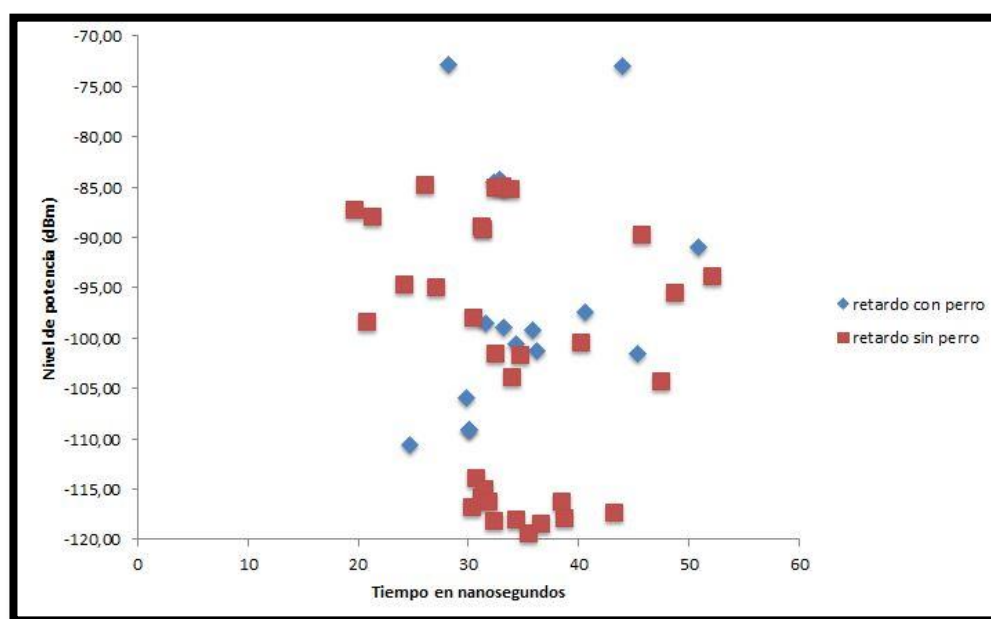


Figura 11.3. Gráfica comparadora de retardo con $n=6$ y $c=30$ cm.

Para la segunda gráfica, se ha utilizado un número de rebote máximo de 5, con unos cubos de análisis de 30 cm, y también se ha usado un rayo por cada grado.

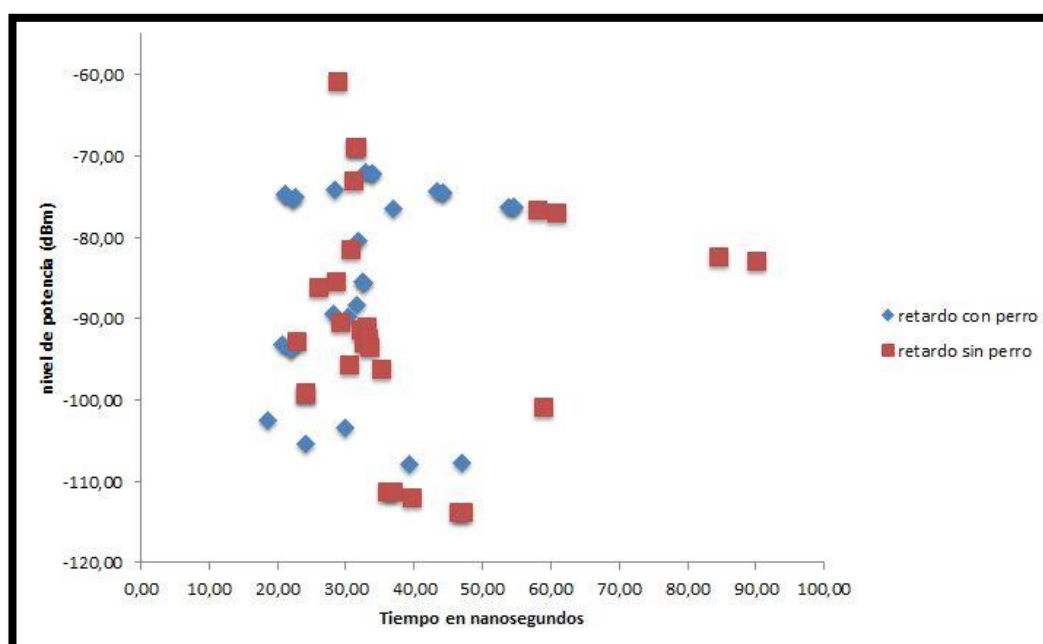


Figura 11.4. Gráfica retardo con $n=5$ y $c=30$ cm.

Al observar las gráficas de comparación del retardo se nota que no son iguales, por lo tanto la presencia del perro si influye en la propagación de las ondas y se puede llegar a detectar. Se identifica que cuando está el perro en la escena los puntos de las gráficas se hallan más concentrados que cuando no está, por ello se deduce que el perro aporta una mayor absorción reduciendo el nivel de potencia de las señales registradas, pero al mismo tiempo se observa que el retardo con el perro es mayor que sin él, incrementando el multitrayecto.

11.3 Comparación de las gráficas de DELAY SPREAD

Para esta primera comparación de las gráficas de Delay Spread se han usado las gráficas realizadas con seis rebotes máximos para los rayos y con unos cubos de análisis de treinta centímetros. Se ha usado la primera fila de estos cubos es decir, desde el suelo hasta los primeros 30 cm.

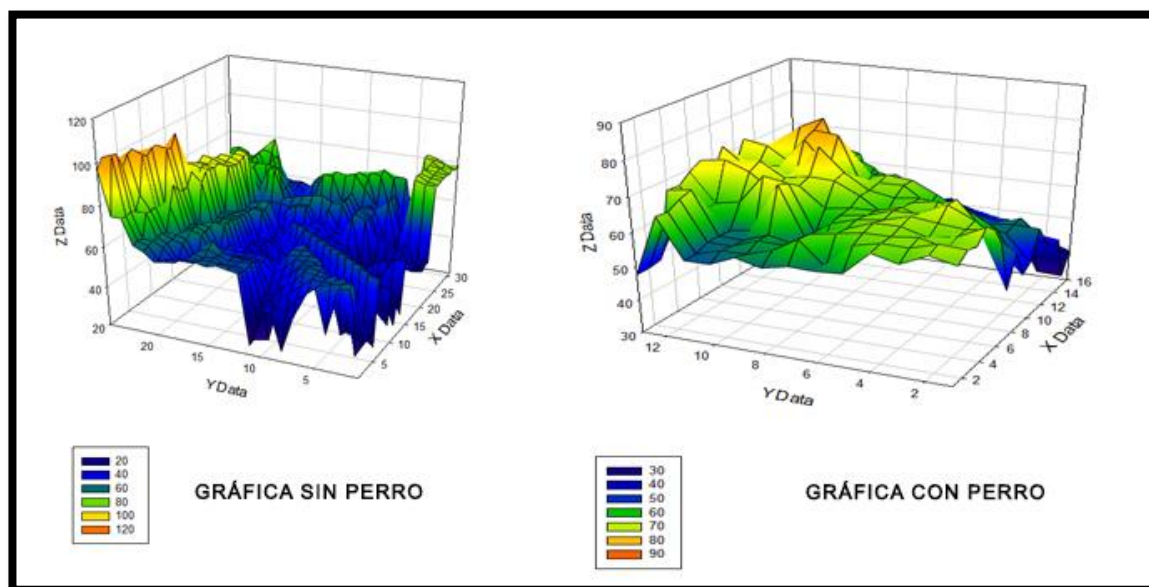


Figura 11.5. Comparativa de las gráficas de Delay Spread con 6 rebotes y 30 cm de lado para los cubos de análisis.

Como se puede observar el nivel de potencia con el perro ha disminuido, pero ha aumentado el nivel medio de la señal, por lo que el multitrayecto ha aumentado en la escena con la presencia del perro.

11.4 Conclusiones de las simulaciones

Terminadas las comparaciones, se puede concluir con que el perro introduce una variación en el espacio simulado, aumentando la absorción de la escena y por lo tanto, disminuyendo el nivel de potencia medido. Pero al mismo tiempo aumenta el multitrayecto en la escena con la presencia del perro.

Por lo tanto cuanto mayor sea el perro y/o más pelaje tenga mayor será la absorción de este y mayor será el multitrayecto en la escena. Y mismamente, cuanto más pequeño sea el perro o menos pelo tenga, menos absorción tendrá la escena y menos multitrayecto, hasta el punto que puede que su detección se haga mucho más difícil.

12 Medidas de campo

Después de haber realizado todo el trabajo de laboratorio, hubo que desplazarse al piso con todos los equipos necesarios y con un par de compañeros de laboratorio (Erik y Peio) para la realización de las medidas pertinentes in situ.

Para ello se dispuso del piso cedido en la Milagrosa, y del perro con el que se iban a hacer las medidas. El Wasp mote se colocó de la siguiente manera, como ilustran las imágenes.

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

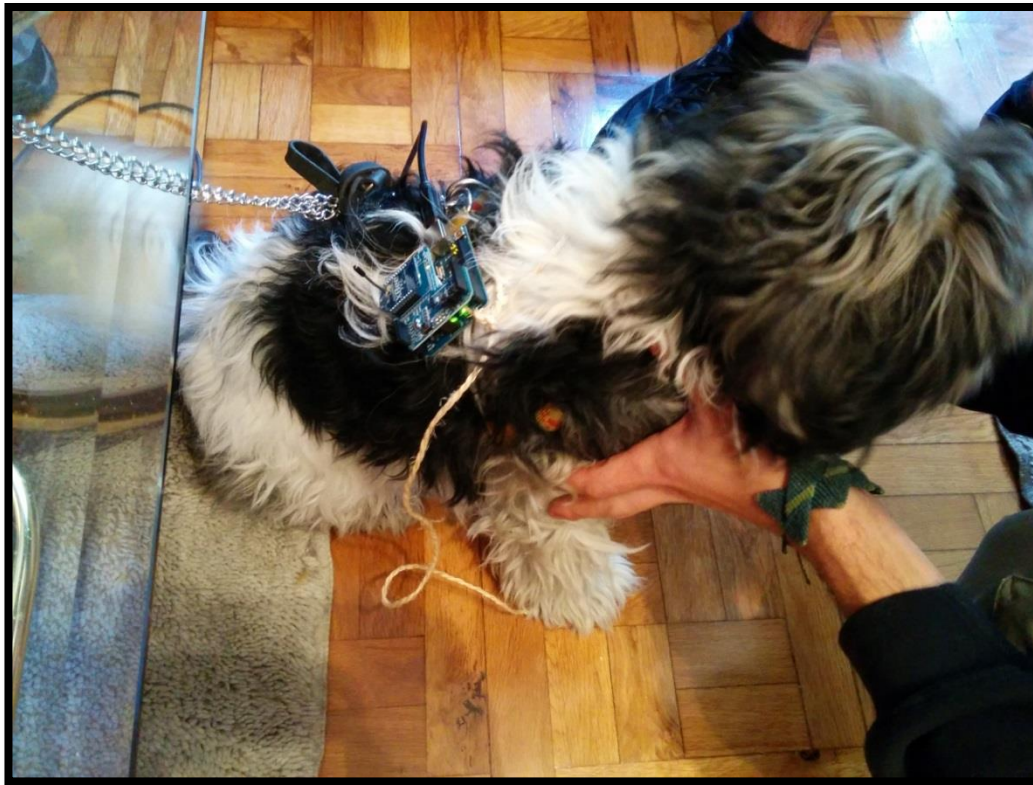


Figura 12.1. Ilustración de la colocación del Wasp mote

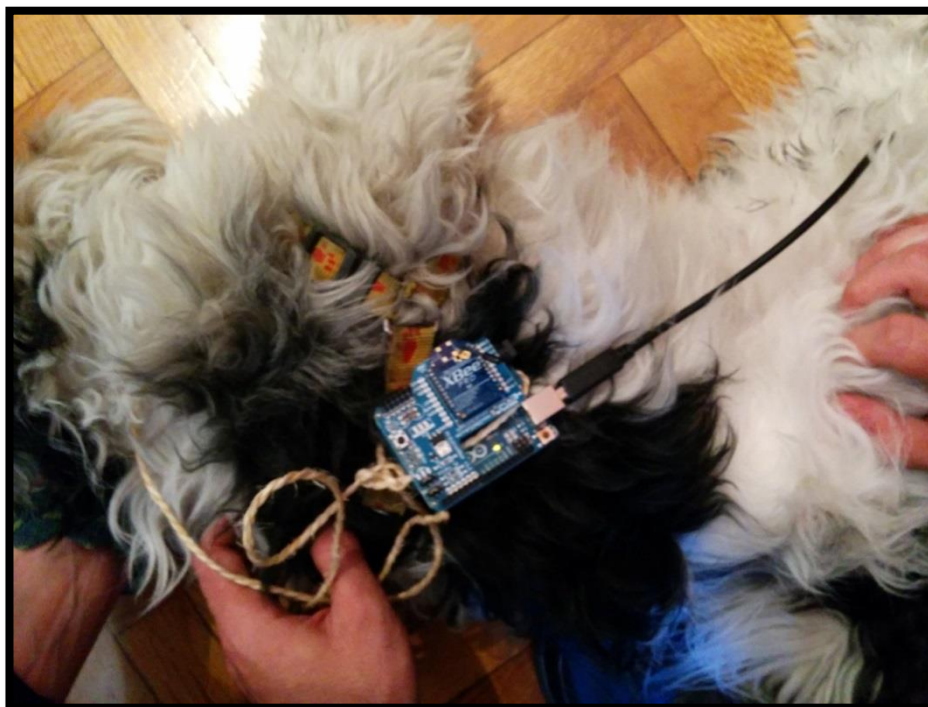


Figura 12.2. Detalle de la posición del Wasp mote.

12.1 Espectrogramas

La primera medida que se realizó fue la de calcular un espectrograma centrado en 2, 41 GHz y con un SPAN de 50 Megahercios, para observar que señales había en el ambiente dentro de ese ancho de banda. La gráfica obtenida fue la siguiente:

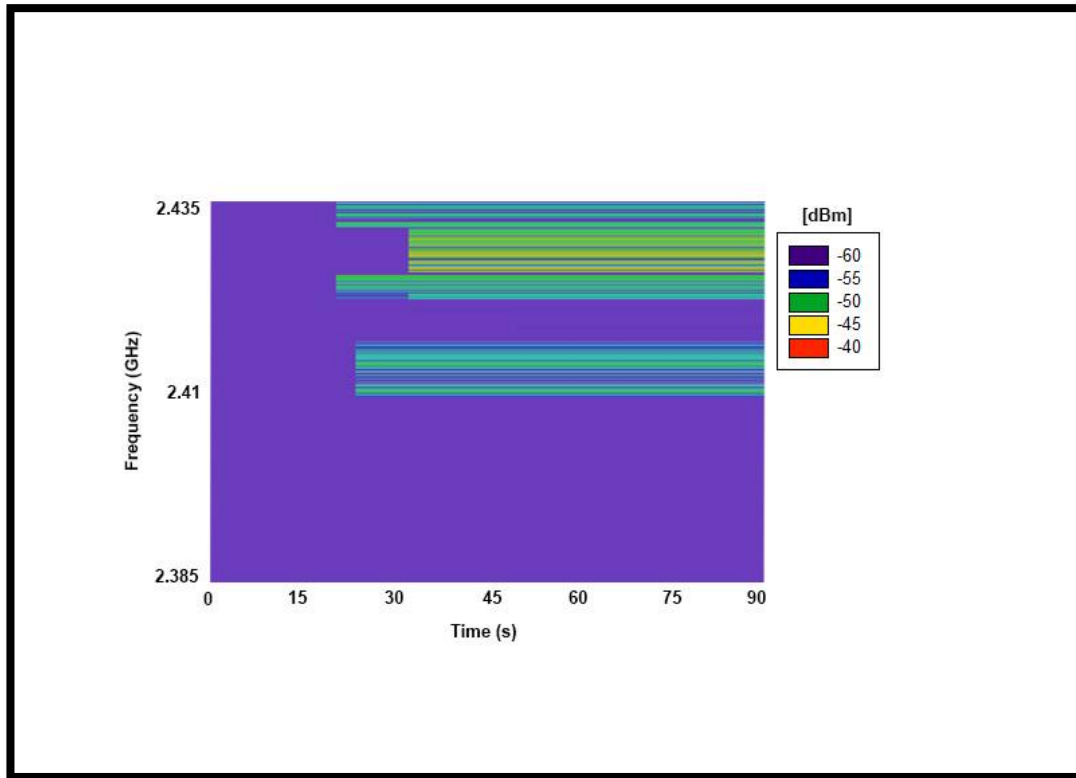


Figura 12.3. Espectrograma del piso sin la emisión de nuestra señal.

Lo que podemos observar en la gráfica es la señal de Wi-Fi que hay normalmente en la casa, dentro de ese ancho de banda.

La siguiente gráfica vuelve a mostrar un espectrograma, pero esta vez con nuestra señal emitiéndose. La gráfica obtenida es la siguiente:

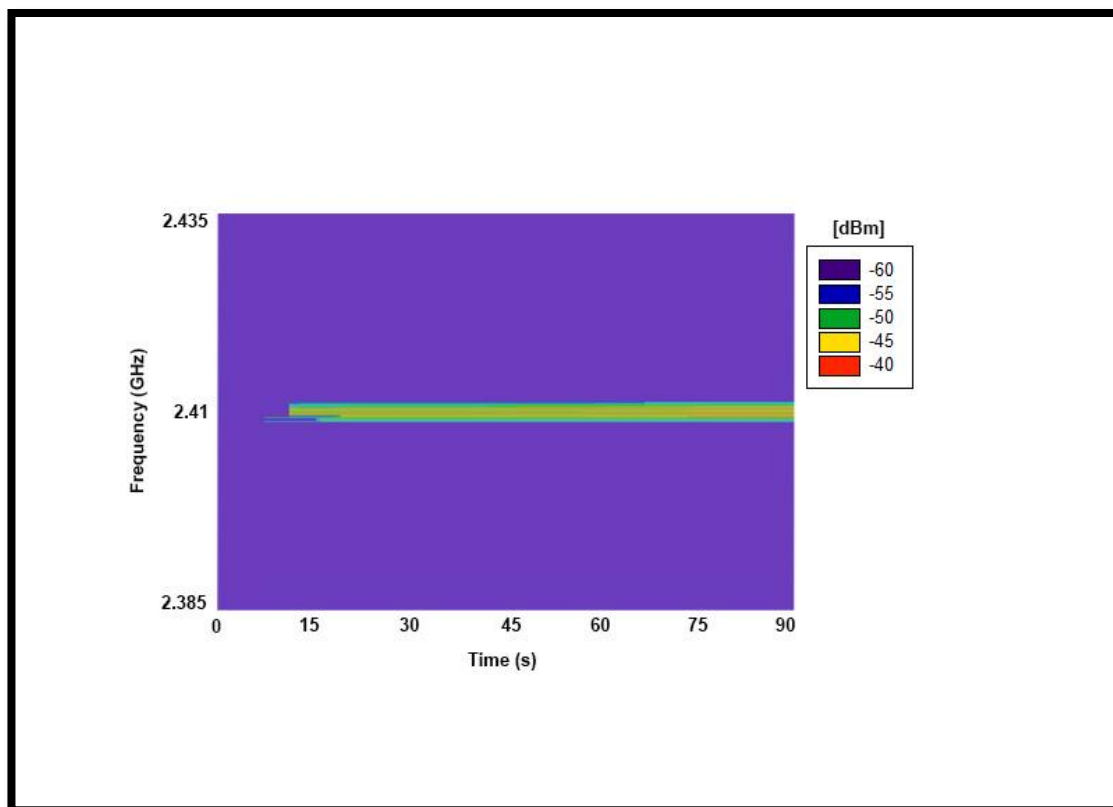


Figura 12.4. Gráfica del espectrograma de la señal empleada para las medidas en el piso.

En esta última gráfica podemos observar nuestra señal, y me doy cuenta que comparte alguna frecuencia con el Wi-Fi, pero no supone problema alguno ya que la potencia del Wi-Fi tiene claramente menos potencia que nuestra señal.

Con este estudio se verifica que se puede medir y hacer las radiales del piso sin miedo a grandes interferencias ni perturbaciones. Para así finalmente poder comparar las medidas reales con las simulaciones en el ordenador.

12.2 Radial sin perro

Para poder observar el comportamiento de las ondas en el espacio de análisis, primero se realizan unas medidas radiales, sin perro. Para después volver a medir con el perro y poder observar las perturbaciones en la propagación de ondas, si es que las hubiese.

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

En este caso lo que se hace es medir la potencia recibida en diferentes puntos de la casa, para luego hacer otra radial con el perro y así comparar ambos resultados.

La altura a la que se colocó la fuente emisora de las ondas era de 0,8 metros, y la altura a la que se dispuso el receptor era de 0,7 metros.

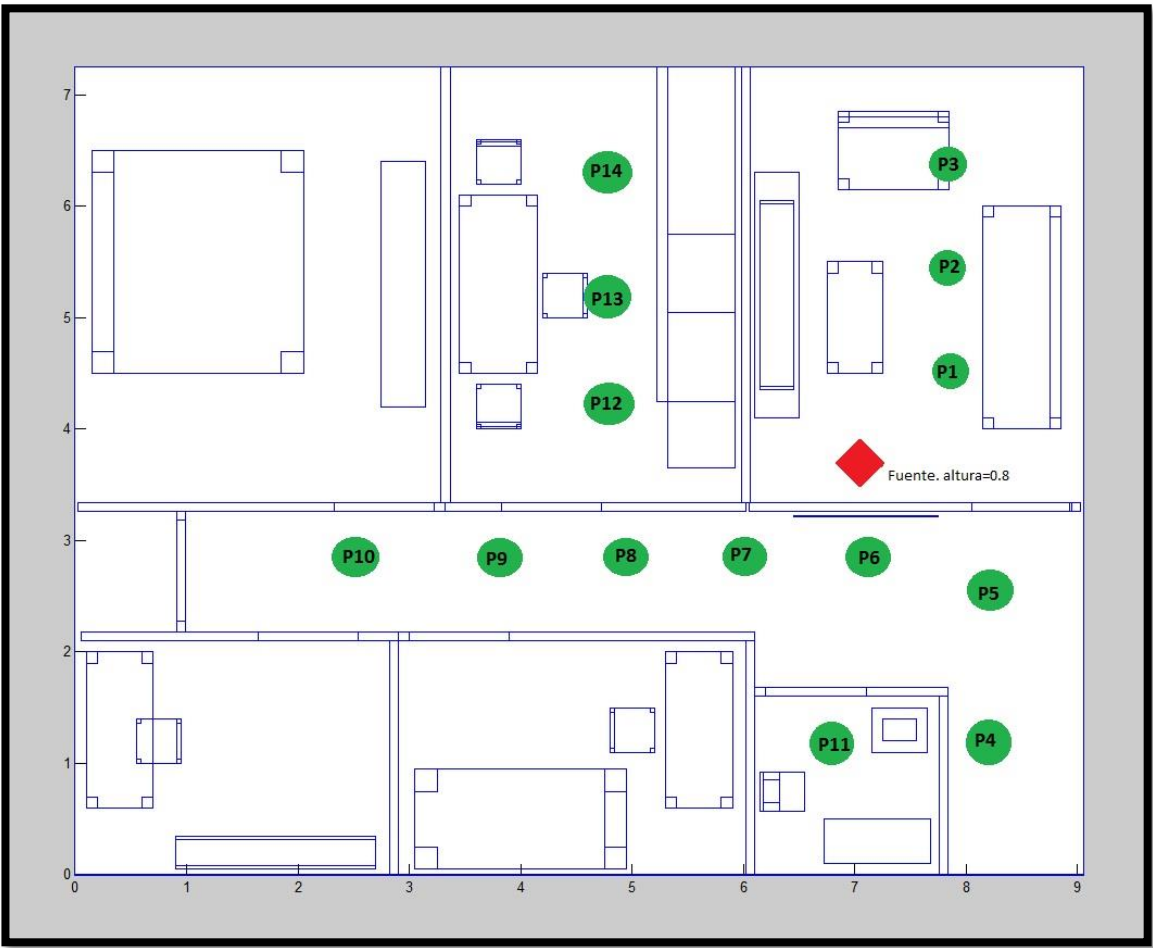


Figura 12.5. Puntos de medida en el espacio real para la realización de la radial.

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
-31,9 dBm	-42,7 dBm	-43,6 dBm	-53,9 dBm	-54,2 dBm	-63,7 dBm	-49,8 dBm	-55,5 dBm	-59,3 dBm	-62,2 dBm	-60,9 dBm	-63,5 dBm	-65,6 dBm	-61,9 dBm

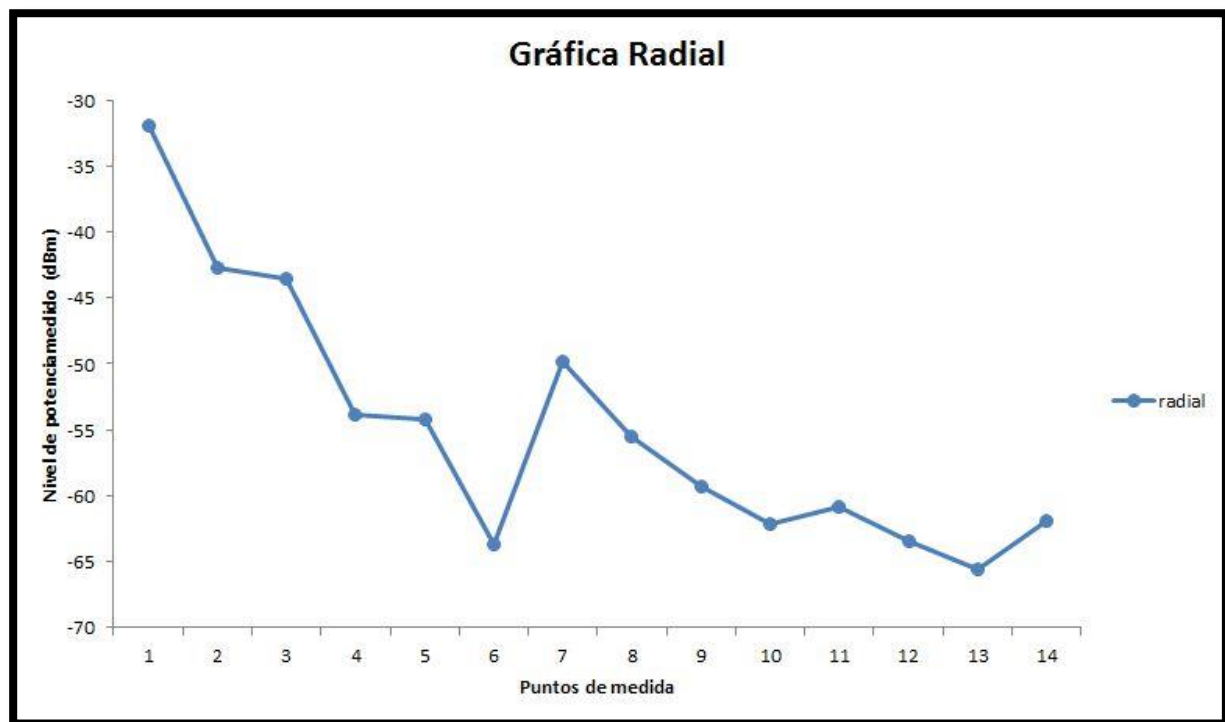


Figura 12.6. Radial obtenida de las medidas realizadas en el interior del piso.

12.3 Radial con perro.

Una vez realizada la radial sin el perro, el siguiente paso es introducir el perro en el escenario para poder observar las perturbaciones producidas por este en la propagación de las ondas, si es que en realidad las hubiese.

Para ello se colocó al perro como se muestra en la siguiente imagen, con el Waspote colocado en su collar. Las medidas recogidas se tomaron a una altura de 2,20 metros y en los lugares marcados en la siguiente imagen.

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

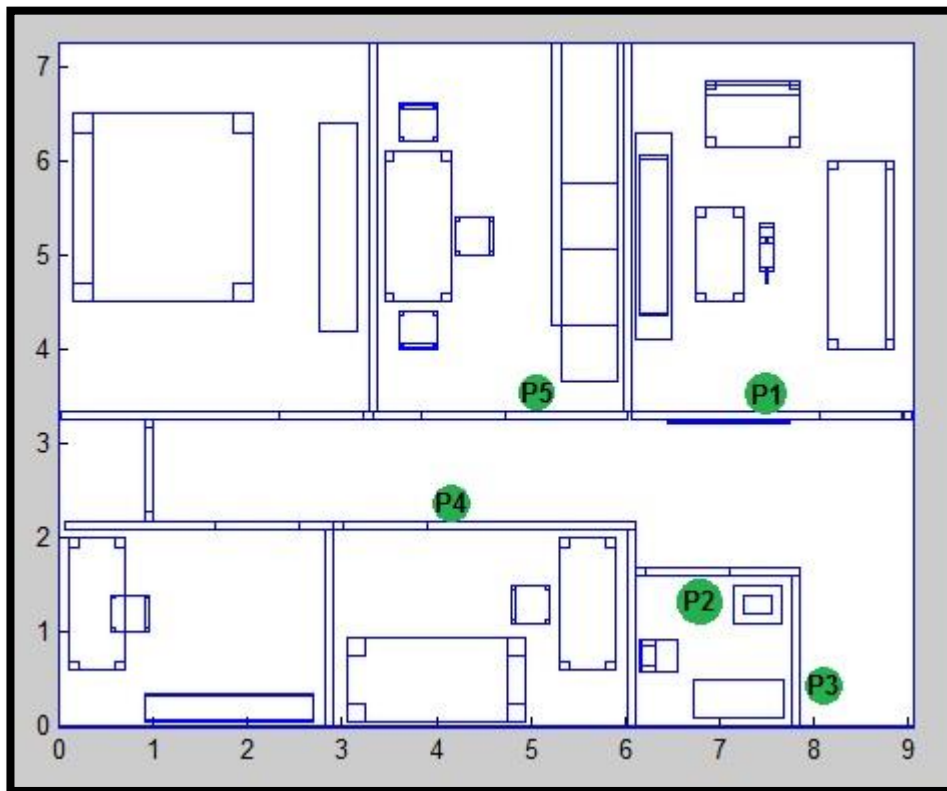


Figura 12.7. Imagen que muestra donde fueron tomadas las medidas y donde se colocó al perro.

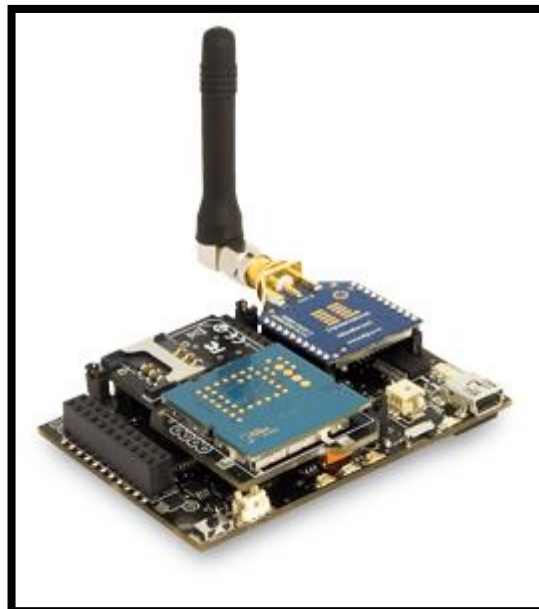


Figura 12.8. Imagen que ilustra un Waspote. [19]

Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

P1	P2	P3	P4	P5
-46,65 dBm	-57,17 dBm	-63,63 dBm	-62,31 dBm	-68,17 dBm

Con los que obtenemos la siguiente gráfica:

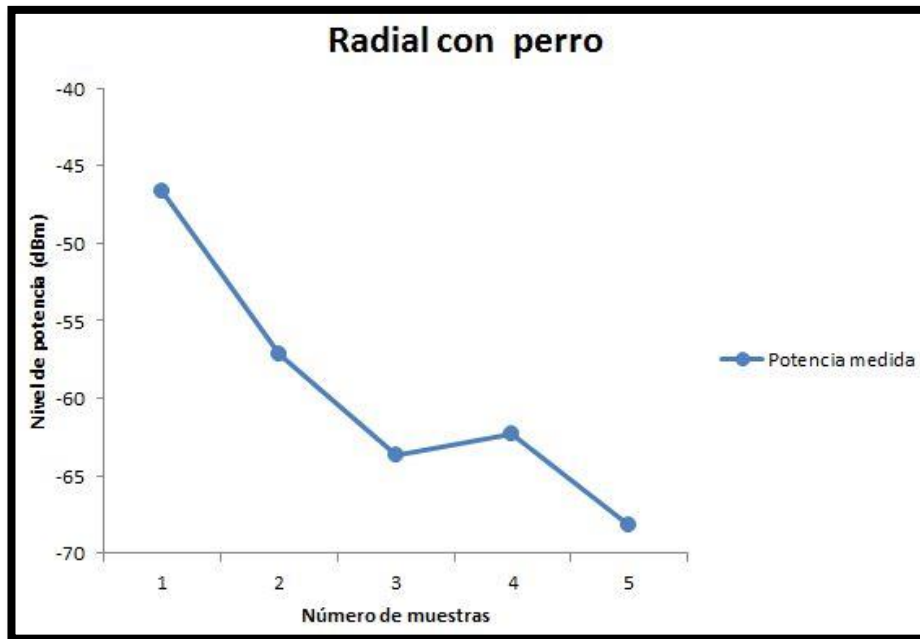


Figura 12.9. Radial medida con el perro en la escena.

12.4 Comparación de las medidas in situ.

Ahora se compararan las dos gráficas presentadas anteriormente para poder observar mejor las diferencias si es que las hubiera.

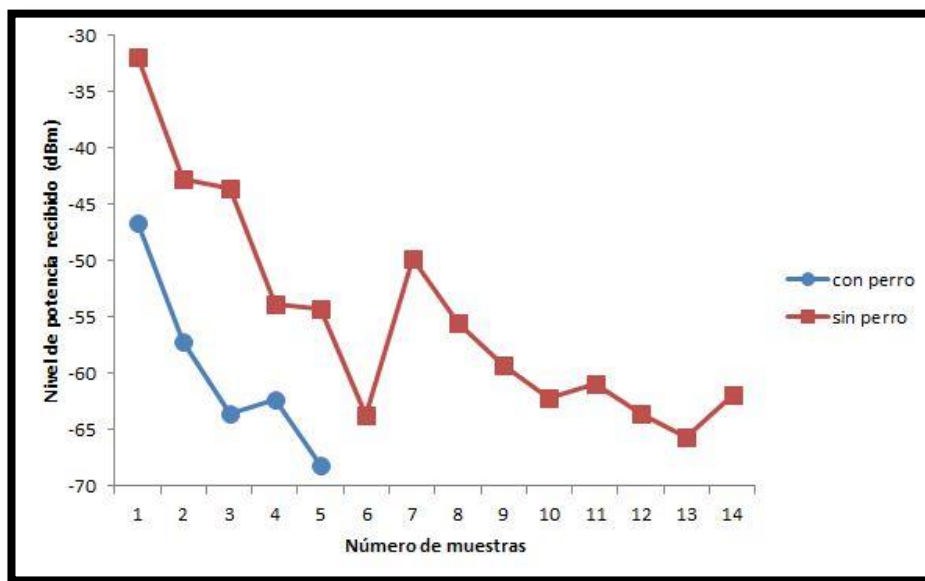


Figura 12.10. Comparación de las dos radiales originadas por las medidas in situ.

Como se puede observar ambas líneas son parecidas pero no iguales. Ambas mantienen una misma forma, pero la señal representativa del perro en la escena es notablemente de valores inferiores de potencia. Por lo tanto puedo deducir que la introducción del perro en la escena produce una absorción de la onda recibida.

12.5 Comparación de las simulaciones del laboratorio con las medidas de campo.

En este apartado se comparan las gráficas de potencia obtenidas en las simulaciones del laboratorio con las gráficas de potencia obtenidas con las medidas in situ realizadas en el piso de la milagrosa.

En dichas gráficas radiales de potencia se representan los valores obtenidos o medidos (dependiendo de si es una simulación de laboratorio o una medida in situ), y se comparan entre ellos para poder observar si las simulaciones se acercan a la realidad.

12.5.1 Comparación sin perro en la escena.

En este primer apartado se comparan los resultados obtenidos o medidos, de potencia sin la presencia del perro en la escena. Para poder observar si la simulación se corresponde con las medidas realizadas en el piso.

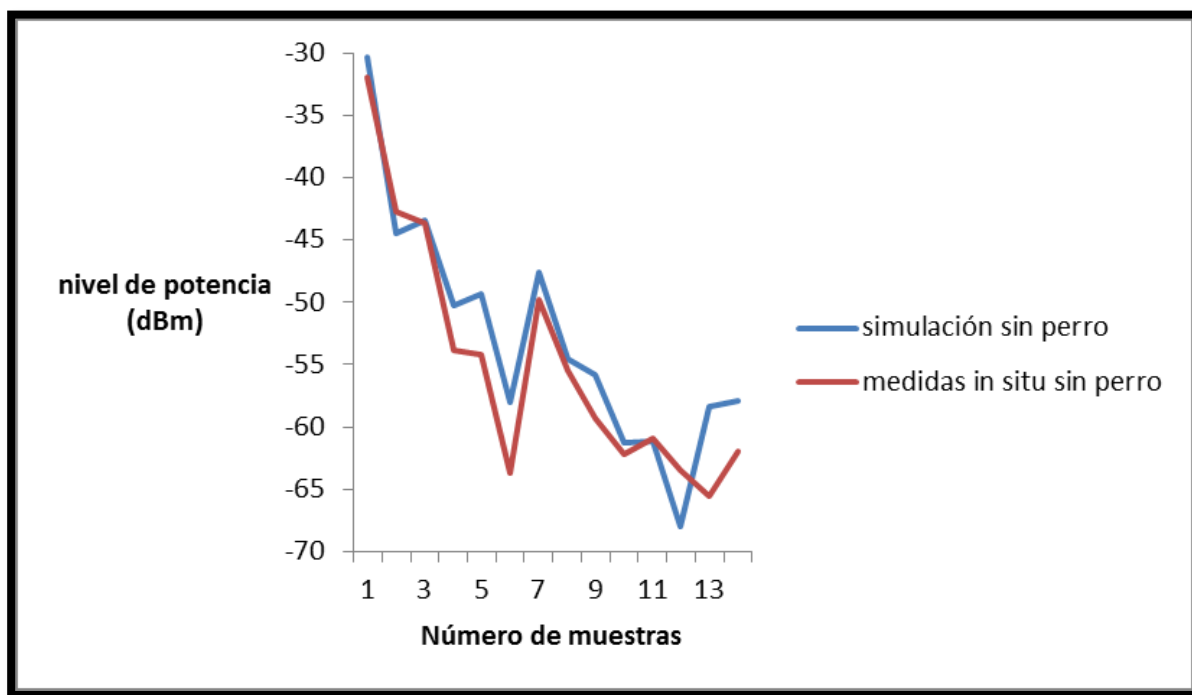


Figura 12.11. Comparación de las radiales de potencia obtenidas de la simulación en el laboratorio y de las medidas in situ sin el perro en la escena.

12.5.2 Comparación con el perro en la escena

A continuación se presentan las medidas obtenidas mediante la simulación, comparadas con los valores de potencia obtenidos con las medidas realizadas en el escenario. Se presenta una gráfica comparativa de dos radiales de potencia, una es la simulación del laboratorio y otra la obtenida por las medidas in situ.

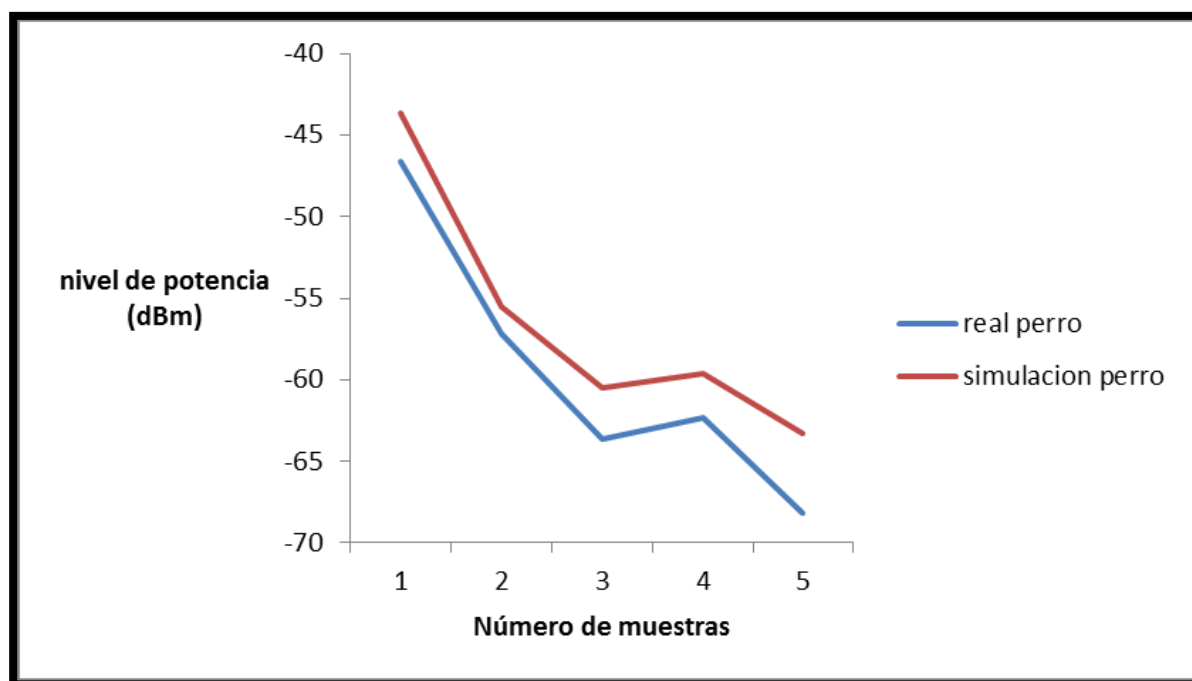


Figura 12.12. Comparación de las radiales de potencia obtenidas de la simulación en el laboratorio y de las medidas in situ con el perro en escena.

Como se observa en las gráficas anteriores, las simulaciones en el ordenador siguen una distribución similar a las medidas realizadas en el piso de la milagrosa. Por lo tanto estas simulaciones sirven para realizar estudios previos de escenarios. Así podemos obtener resultados fieles a la realidad sin necesidad de montar las redes ZigBee.

13 CONCLUSIONES

Como se ha podido observar con los resultados obtenidos, es posible la realización de una conexión con un receptor colocado en el collar de un perro, mediante tecnología Zigbee.

También es posible la detección de un perro en una habitación debido a que este introduce una perturbación en las ondas emitidas, atenuando su potencia y aumentando el número de rebotes y el tiempo que las ondas están rebotando en la escena. Esto es debido a que el perro en este caso es una superficie un poco absorbente pero al mismo tiempo introduce en la escena una superficie más, donde las ondas rebotan.

Pero se ha de incidir en el hecho de que el estudio se ha realizado, sin poder introducir los parámetros exactos del pelaje del perro (conductividad y constante dieléctrica), ya que como se ha explicado durante la memoria, cuando se puso en contacto con la empresa fabricante de productos para el mercado canino del cuidado del pelo, se recibió el siguiente mensaje:

“Buenos días Dani, me sabe mal decirte que no tenemos información de la constante dieléctrica del pelo de los perros. Creo que no existe información. Se deberían hacer estudios empíricos.”

Empresa de cosmética canina **Nogga**.

Por ello y para tener un estudio mucho más cercano a la realidad deberían hacerse dichos experimentos empíricos, ya que debido al sinfín de razas caninas existentes hay una gran cantidad de pelajes con diferentes características, y esta es una cualidad que puede llegar a ser un factor determinante para este tipo de estudios.

14 LINEAS FUTURAS

El sistema de detección de mascotas diseñado en dicha memoria está pensado para un futuro sensorizado, o incluso para un mercado más americano donde un gran número de personas viven en grandes casas unifamiliares con sótano, garaje, jardín delantero y jardín trasero. En un entorno así puede llegar a ser difícil el tener a una mascota controlada.

Al saberse que es posible el establecimiento de dicha conexión ahora el siguiente paso sería la implementación física de la aplicación. Es decir, ahora sería el momento de un diseño ergonómico donde colocar dicho receptor (probablemente el collar) y del diseño de la aplicación y su interfaz de control, que se tendría que instalar en el Smartphone para facilitar el uso de dicha tecnología a los usuarios).

Este estudio no solo está limitado a la detección de mascotas, sino que también se puede extrapolar a diversos campos dentro del mercado animal. Por ejemplo puede ser usado para la monitorización 24 horas de las constantes vitales en un veterinario. Para este caso la aplicación física podría estar dentro de un chaleco para animales, donde en su interior no solo estaría nuestro receptor sino también los distintos sensores necesarios para dicha monitorización.

También este estudio puede usarse en el campo de la seguridad, por ejemplo para integrar en las alarmas un sistema de detección de intrusos, como un detector de presencia. Ya que en el proyecto se ha encontrado la variación en la propagación de las ondas al introducir un cuerpo en la escena, con los estudios adecuados podría ser beneficioso para el aumento de la seguridad tanto en casas privadas como en edificios públicos.

15 BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://mundorfid.com/servicios/rfid-para-ganado/>
- [2] <http://pragra.wordpress.com/>
- [3] <http://www.monografias.com/trabajos42/codigo-de-barras/codigo-de-barras.shtml>
- [4] <http://www.latinamente.com/empreendedor-chileno-crea-sistema-para-identificar-perros-con-codigo-qr/>
- [5] <http://www.hoy.es/culturas/201405/18/utilizamos-tecnologia-para-recuperar-20140518202136.html>
- [6] <http://www.mascotas.org/perros/gps-el-localizador-para-perros/>
- [7] <http://johanndog.hubpages.com/hub/keep-track-of-your-dog-with-advanced-dog-tracking-systems>
- [8] <http://histinf.blogs.upv.es/2010/12/02/historia-de-las-redes-inalambricas/>
- [9] <http://es.kioskea.net/contents/818-redes-inalambricas>
- [10] <http://plataformaszigbee.blogspot.com.es/2012/05/practica-1-configuracion-y-conceptos.html>
- [11]
- [12] http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208019/MODULO%20ANTENAS%20Y%20PROPAGACION-2011/leccin_20_atenuacin_y_absorcin_de_ondas.html
- [13] <http://reflexion-refraccion.blogspot.com.es/>
- [14] <http://www.xatakaon.com/tecnologia-de-redes/especial-comunicaciones-opticas-ii-que-es-una-fibra-optica-y-como-funciona>
- [15] <http://intercentres.edu.gva.es/iesleonardodavinci/Fisica/Ondas/Ondas10.htm>
- [16] http://datateca.unad.edu.co/contenidos/208019/MODULO%20ANTENAS%20Y%20PROPAGACION-2011/leccin_21_propiedades.html
- [17] http://www.chihuahuasdebolsillo.com/catalog/Guia_Chihuahua_Bolsillo.html
- [18] <http://www.perros.com/razas/carlino/>
- [19] <http://www.arduteka.com/2012/06/que-es-waspmote/>

[illegible]


```

#####
##### PAREDES Y PUERTAS #####
#####

salonpared1=[ (a1/2)+4.45,3.3,1.31,0.10,0.08,2.62,2];
salonpuerta=[ (a1-2)+1.45,3.3,1,0.9,0.08,2,4];
salonpared2=[ (a1-2)+1.45,3.3,2.31,0.9,0.08,0.62,2];
salonpared3=[ (a1-2),3.3,1.31,2,0.08,2.62,2];
salonpared4=[ (a1/2)+1.5,(b1/2)+1.67,1.31,0.08,3.91,2.62,2];
cocinapared1=[ (a1/2)+0.85,3.3,1.31,1.3,0.08,2.62,2];
cocinapuerta=[ (a1/2)-0.25,3.3,1,0.9,0.08,2,4];
cocinapared2=[ (a1/2)-0.25,3.3,2.31,0.9,0.08,0.62,2];
cocinapared3=[ (a1/2)-0.95,3.3,1.31,0.5,0.08,2.62,2];
cocinapared4=[ (a1/2)-1.2,(b1/2)+1.67,1.31,0.08,3.91,2.62,2];
hab1pared1=[ (a1/2)-1.25,3.3,1.31,0.1,0.08,2.62,2];
hab1puerta=[ (a1/2)-1.75,3.3,1,0.9,0.08,2,4];
hab1pared2=[ (a1/2)-1.75,3.3,2.31,0.9,0.08,0.62,2];
hab1pared3=[ (a1/2)-3.35,3.3,1.31,2.3,0.08,2.62,2];
aseopared1=[a1-1.25,0.8,1.31,0.08,1.6,2.62,2];
aseopared2=[a1-1.58,1.64,1.31,0.74,0.08,2.62,2];
aseopuerta=[a1-2.4,1.64,1,0.9,0.08,2,4];
aseopared3=[a1-2.4,1.64,2.31,0.9,0.08,0.62,2];
aseopared4=[a1-2.9,1.64,1.31,0.1,0.08,2.62,2];
hab2pared1=[a1-2.99,1.05,1.31,0.08,2.1,2.62,2];
hab2pared2=[a1-4.05,2.14,1.31,2.2,0.08,2.62,2];
hab2puerta=[a1-5.6,2.14,1,0.9,0.08,2,4];
hab2pared3=[a1-5.6,2.14,2.31,0.9,0.08,0.62,2];
hab2pared4=[a1-6.1,2.14,1.31,0.1,0.08,2.62,2];
hab2pared5=[a1-6.19,1.05,1.31,0.08,2.1,2.62,2];
hab3pared1=[a1-6.33,2.14,1.31,0.36,0.08,2.62,2];
hab3puerta=[a1-6.96,2.14,1,0.9,0.08,2,4];
hab3pared2=[a1-6.96,2.14,2.31,0.9,0.08,0.62,2];
hab3pared3=[a1-8.205,2.14,1.31,1.59,0.08,2.62,2];
despared1=[a1-8.1,2.23,1.31,0.08,0.1,2.62,2];
despuerta=[a1-8.1,2.73,1,0.08,0.9,2,4];
despared2=[a1-8.1,2.73,2.31,0.08,0.9,0.62,2];
despared3=[a1-8.1,3.22,1.31,0.08,0.08,2.62,2];

```

```

%% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %%
%% %% %%                               MUEBLES                               %% %% %%
%% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %% %%

mesacocina= fabricamesa(3.8,5.3,0.8,1.6,0.7,0.04,0.1,1,1);
sillacocina1= fabricasilla(3.8,4.2,0.4,0.4,0.4,0.03,0.04,0.5,3,1,0);
sillacocina2= fabricasilla(4.4,5.2,0.4,0.4,0.4,0.03,0.04,0.5,2,1,0);
sillacocina3= fabricasilla(3.8,6.4,0.4,0.4,0.4,0.03,0.04,0.5,1,1,0);
mueblecocina1=[5.62,6.5,0.5,0.6,1.5,1,1];
lavadora=[5.62,5.4,0.5,0.6,0.7,1,6];
mueblecocina2=[5.62,4.65,0.5,0.6,0.8,1,1];
encimera=[5.57,5.75,1.035,0.7,3,0.06,53];
frigorifico=[5.62,3.95,0.95,0.6,0.6,1.90,6];
hab4silla= fabricasilla(0.75,1.2,0.4,0.4,0.4,0.03,0.04,0.5,2,1,0);
hab4mesa= fabricamesa(0.4,1.3,0.8,1.4,0.6,0.04,0.1,1,1);
hab4estanteria= fabricaestanteria(1.8,0.2,1,1.8,0.3,2,0.03,0.03,4,1);
hab3mesa=fabricamesa(5.6,1.3,0.8,1.4,0.6,0.04,0.1,1,1);
hab3silla=fabricasilla(5,1.3,0.4,0.4,0.4,0.03,0.04,0.5,0,1,0);
lavabo1=[7.4,1.3,0.4,0.3,0.2,0.8,6];
lavabo2=[7.4,1.3,0.95,0.5,0.4,0.3,5];
retrete1=[6.25,0.75,0.2,0.15,0.2,0.4,6];
retrete2=[6.35,0.75,0.5,0.4,0.35,0.2,6];
retrete3=[6.25,0.75,0.8,0.15,0.35,0.4,6];
banera=[7.2,0.3,0.25,0.95,0.4,0.5,6];
kama=fabricasilla(4,0.5,0.4,1.9,0.9,0.25,0.2,0.6,2,54,0);
sillon1=fabricasilla(8.5,5,0.6,0.7,2,0.3,0.1,0.4,2,54,0);
sillon2=fabricasilla(7.35,6.5,0.6,1,0.7,0.3,0.1,0.4,1,54,0);
armariosalon=[6.3,5.2,0.35,0.4,2.2,0.7,1];
estanteriasalon=fabricaestanteria(6.3,5.2,1.4,0.3,1.7,0.6,0.03,0.03,4,1);
salonmesa=fabricamesa(7,5,0.5,1,0.5,0.1,0.1,1,5);
kama2=fabricasilla(1.1,5.5,0.4,1.9,2,0.25,0.2,0.6,0,1,0);
hab3armario=[2.95,5.3,1,0.4,2.2,2,1];
espejo=[7.1,3.22,1.1,1.3,0.01,2,55];
perro=fabricaperro(7.5,5,0,0.4,1,0);

```

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

```
axis([0 a1 0 b1 0 c1]);
%obstaculos=[mesacocina;sillacocina1;sillacocina2;sillacocina3;mueblecocina1;lavadora;mueblecocina2;encimera;frigorifico;salon;
obstaculos=[salonpared1;salonpuerta;salonpared2;salonpared3;salonpared4;
cocinapared1;cocinapuerta;cocinapared2;cocinapared3;cocinapared4;hab1pared1;
hab1puerta;hab1pared2;hab1pared3;aseopared1;aseopared2;aseopuerta;aseopared3;aseopared4;
hab2pared1;hab2pared2;hab2puerta;hab2pared3;hab2pared4;hab2pared5;hab3pared1;hab3puerta;
hab3pared2;hab3pared3;despared1;despuerta;despared2;despared3;mesacocina;sillacocina1;sillacocina2;
sillacocina3;hab4silla;hab4mesa;hab3mesa;hab3silla;mueblecocina1;lavadora;mueblecocina2;frigorifico;encimera;
lavabo1;lavabo2;hab4estanteria;kama;retrete1;retrete2;retrete3;banera;sillon1;sillon2;armariosalon;estanteriasalon;
salonmesa;kama2;hab3armario;espejo;perro];

obstaculos1=[0,0,0,0,0,0,0];
pintaobstaculo(a1,b1,c1,obstaculos);

%coincidencias=encontrarcoincidencias(obstaculos)
%pintaobstaculo3(a1,b1,c1,obstaculos,coincidencias)
paredes=[
0,b1/2,c1/2,10^-9,b1,c1,2,10^-9;
a1/2,b1,c1/2,a1,10^-9,c1,2,10^-9;
a1,b1/2,c1/2,10^-9,b1,c1,2,10^-9;
a1/2,0,c1/2,a1,10^-9,c1,2,10^-9;
a1/2,b1/2,0,a1,b1,10^-9,2,10^-9;
a1/2,b1/2,c1,a1,b1,10^-9,2,10^-9;
];

%paredes = [x,y,z,Ax,Ay,Az,material,grosor]

pintaobstaculo(a1,b1,c1,paredes);

save('obstaculos1.mat','obstaculos');
save('paredes1.mat','paredes');
room1=prepararhabitacion(a1,b1,c1,Resx1,Resy1,Resz1,m1,obstaculos,paredes);
```

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

```
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
CONEXIONES
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

room=cell(1,1); %cell{1,3} si hay tres habitaciones
room{1}=room1;
%room{2}=room2;
%room{3}=room3;

conexiones=zeros(1,14);

% CONEXIONES [numerohabitacion,x0,y0,z0,Ax,Ay,Az,numerootrahabitacion,...]
% da las coordenadas relativas de la conexion y tal

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
ANTENAS TX Y RX
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

antenastx=[1,7.8,5.7,0.4,0,pi/180,2*pi-pi/180,0,pi/180,pi,5,inf,1,0,0,0,0,0,0,2400000000,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]; %ojo q
plot3(7.8,5.7,0.4,'or'); % primer pto del tx
% plot3(3.01,2.75,0.9,'or'); % segundo pto del tx
% plot3(1.81,0.41,0.9,'or'); % tercer pto del tx
% plot3(4.41,2.61,0.9,'or'); % cuarto pto del tx
% plot3(0.4,3.5,0.9,'or'); % rx

%numero de rayos=length(antenastx(5):antenastx(6):antenastx(7))*length(antenastx(8):antenastx(9):antenastx(10)) %numero d
% antenatx [ numerohabitacion, x,y,z,phi, Aphi, phif, tethai, Atheta, thetaf, nrebotes, taumaxima, numerodeantena, esficticia

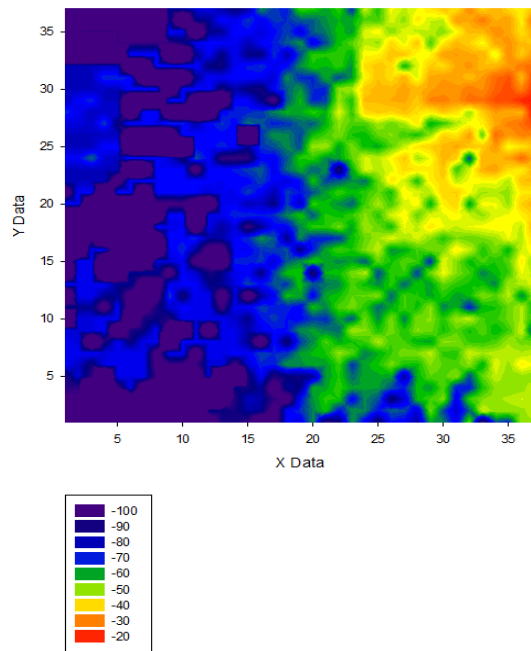
antenasrx=zeros(1,8); %no pones antena tx y luego ves lo que captaria si pusiesemos omnidireccionales en todos los cubo
%antenasrx=[1,6,5.1,1,0,2*pi,0,2*pi];
%plot3(6,5.1,1,'xr');
%antenasrx=[3,0.2,4,2.9,0,2*pi,0,pi;1,2.5,2.5,0.95,0,2*pi,0,pi;1,6.5,3.3,0.
%3,0,2*pi,0,pi;2,5.5,2.5,0.95,0,2*pi,0,pi;2,2.5,3.3,0.3,0,2*pi,0,pi];
rebotesdentrodeobstaculo=0;
guardoparametrosdentroobstaculos=0;
difraccion=1;
```

16.2 RESULTADOS OBTENIDOS

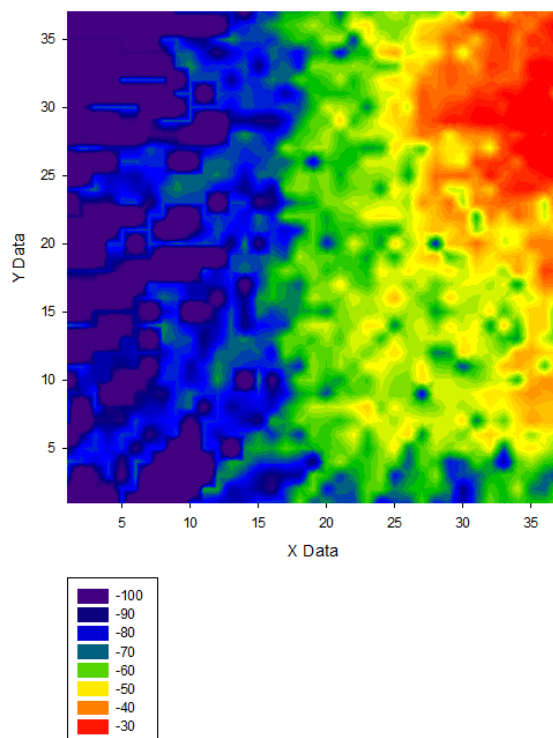
16.2.1 Niveles de potencia

16.2.1.1 Con perro

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

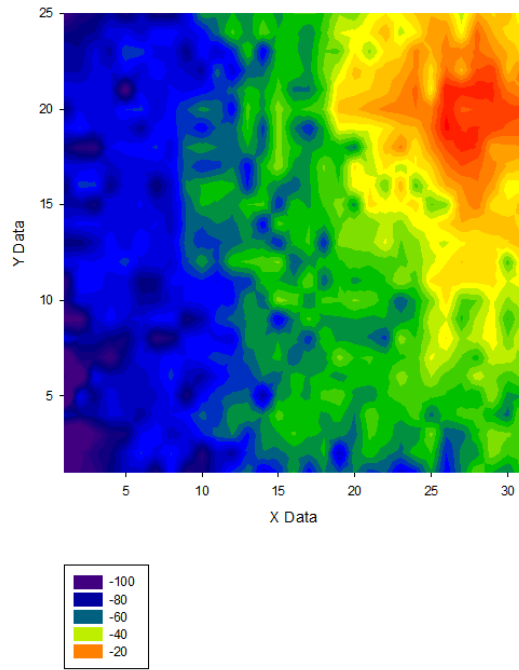


C=0.2 n=4 (1)

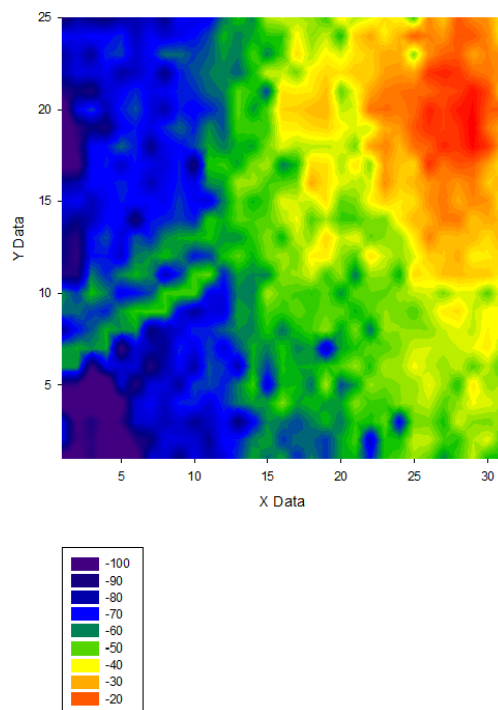


C=2, N=4 (2)

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

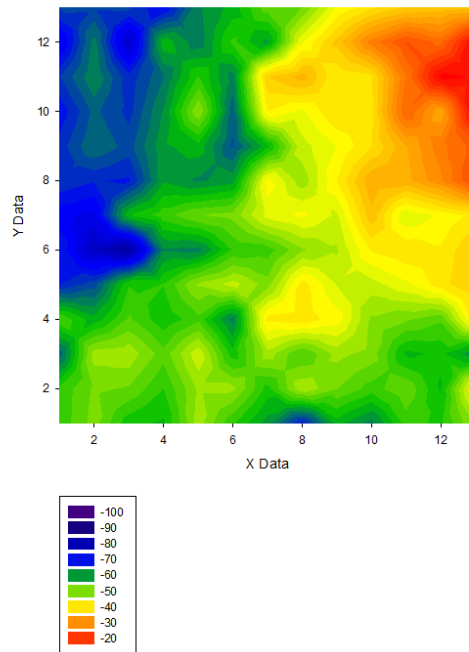


C=0.3 N=6 (1)



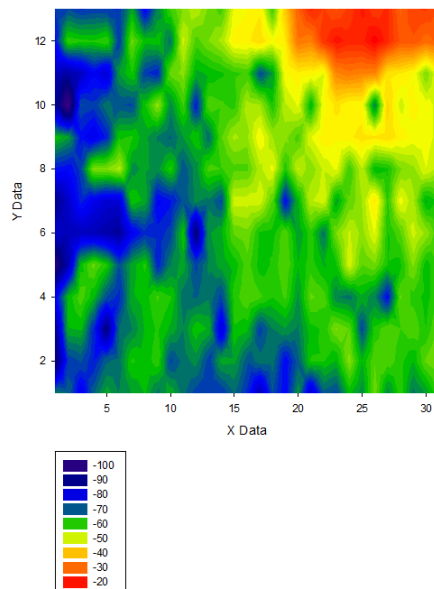
C=0.3 N=6 (2)

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.



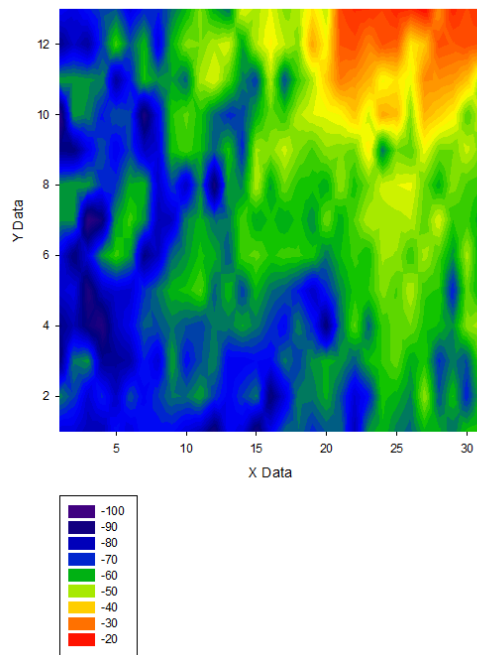
C=0.6 N=5 (1)

16.2.1.2 Sin perro

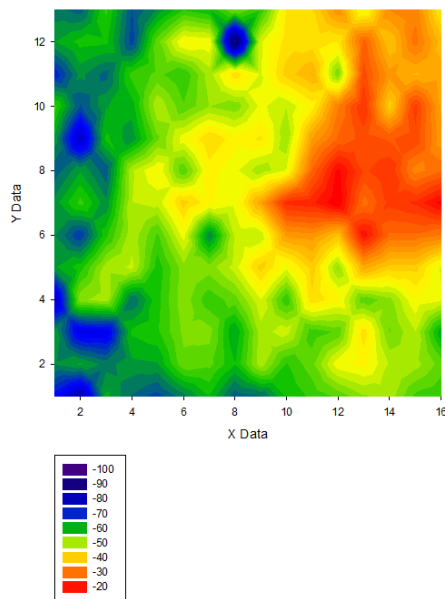


N=5 C=0.3 (1)

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

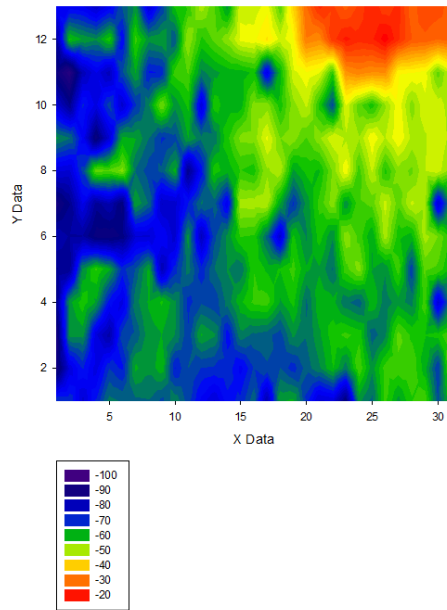


N=5 C=0.3 (2)

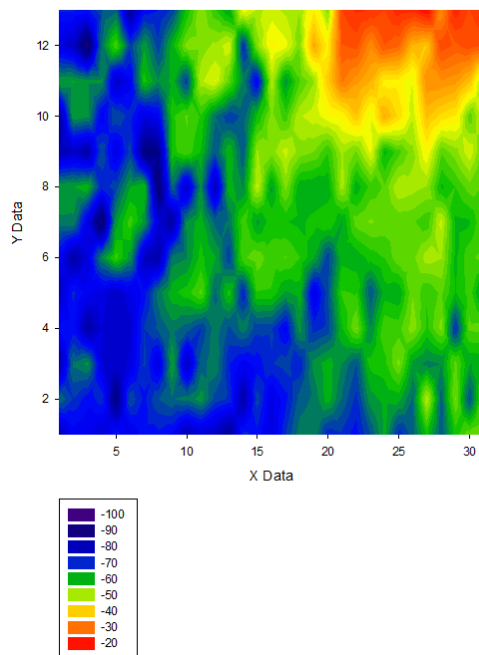


N=5 C=0.6

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

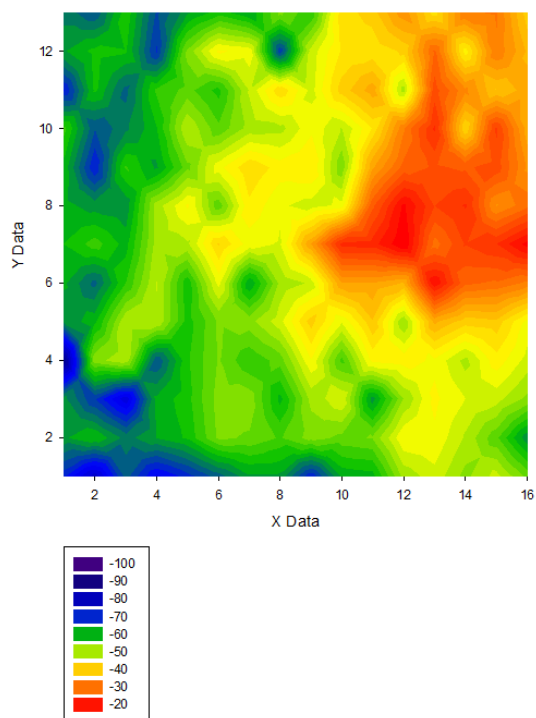


N=6 C=0.3 (1)



N=6 C=0.3 (2)

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.



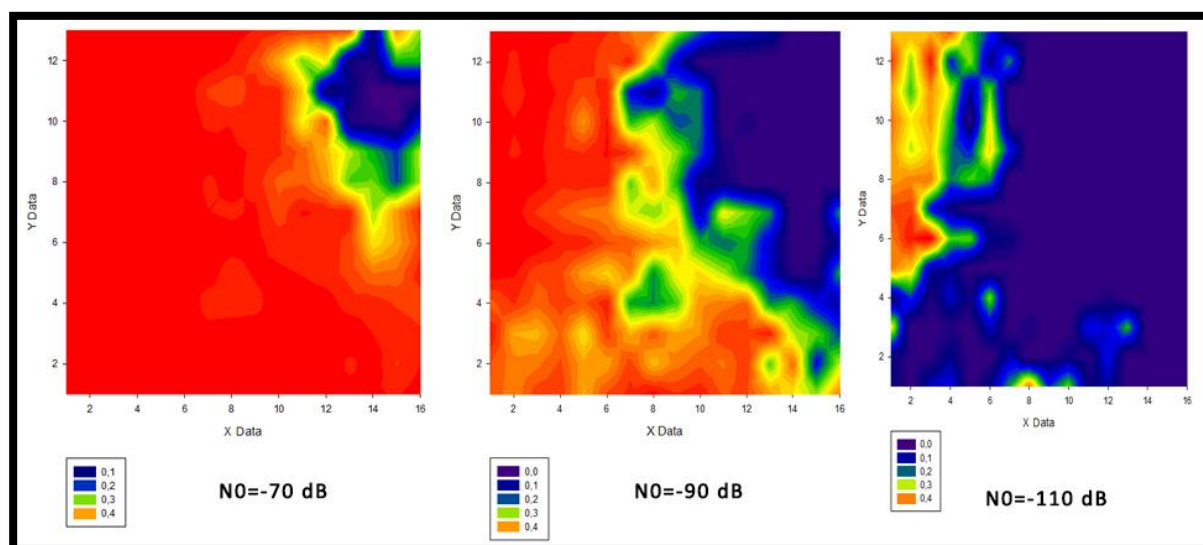
N=6 C=0.6

16.2.2 Probabilidad de error

16.2.2.1 Con perro

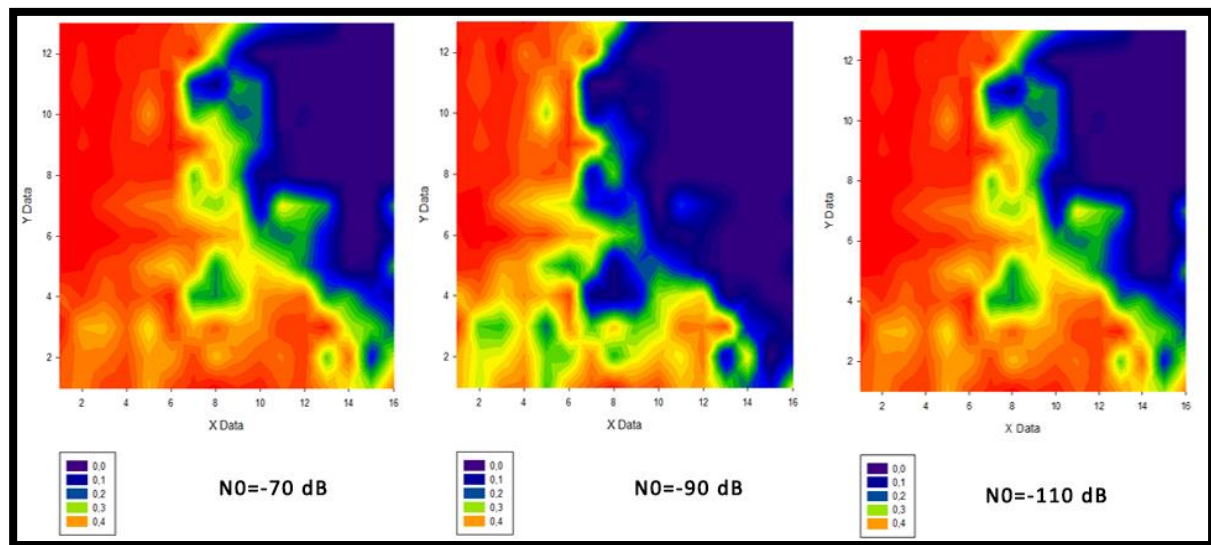
N=5 C=0.6

250 kbps



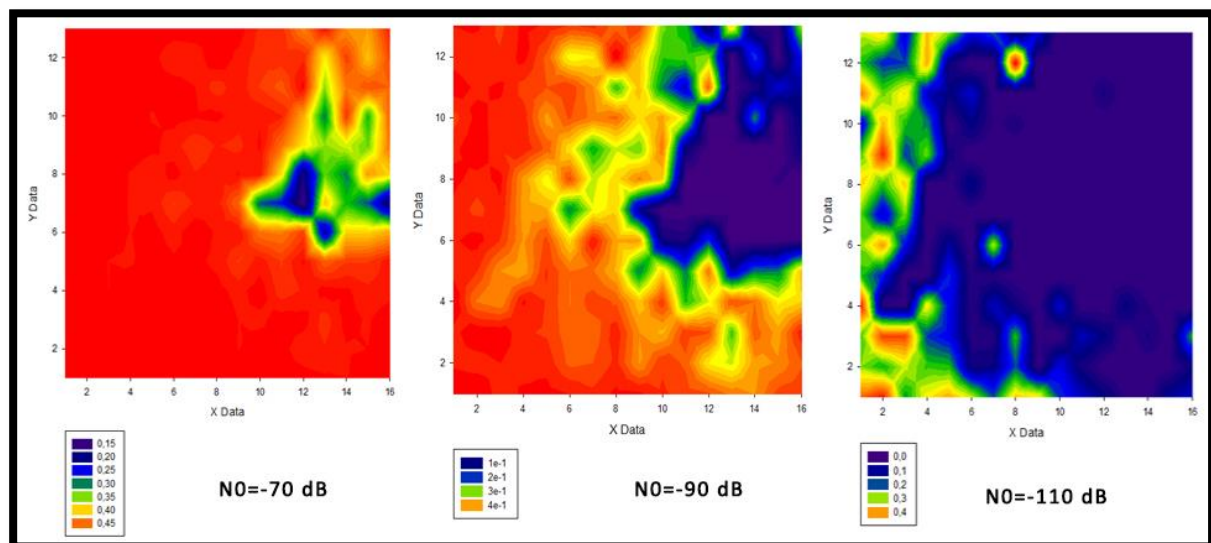
SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

57600 bps



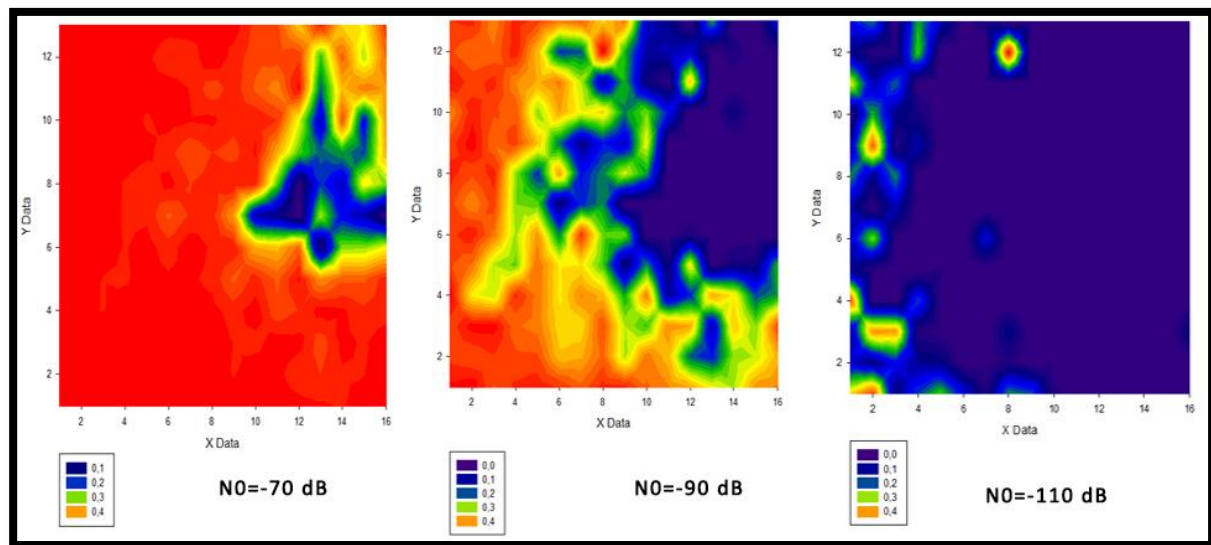
16.2.2.2 Sin perro

250 kbps



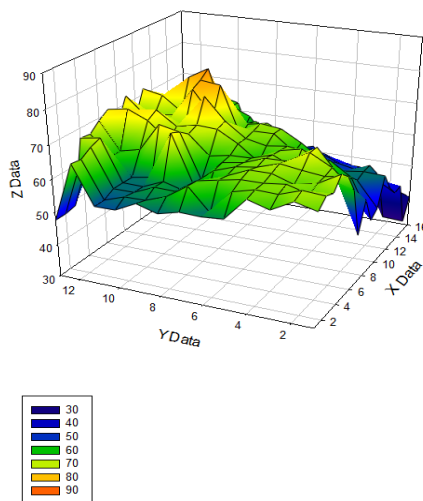
SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

57600 bps



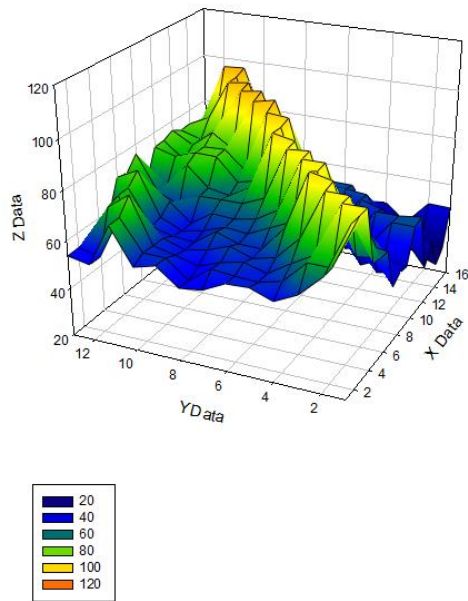
16.2.3 Delay Spread

16.2.3.1 Con perro

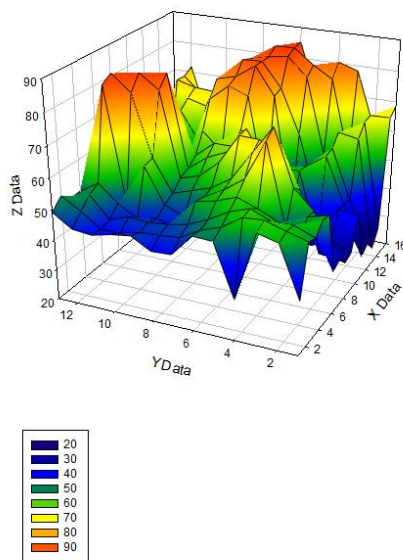


C=0.3 N=6 (1)

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

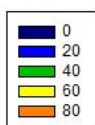
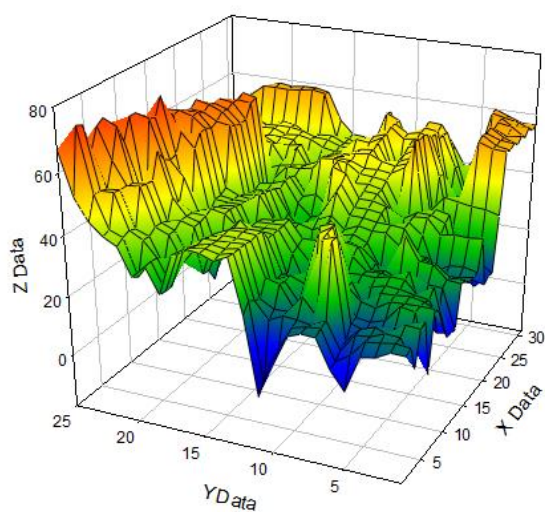


$C=0.3$ $N=6$ (2)



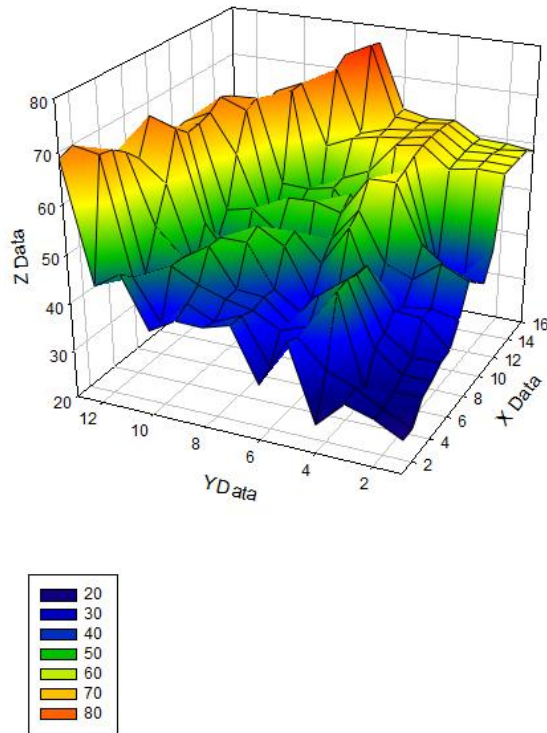
$C=0.6$ $N=5$

16.2.3.2 Sin perro

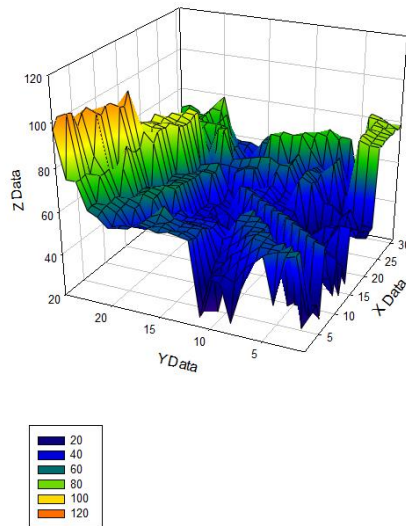


N=5 c=0.3 (2)

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.



N=5 C=0.6



N=6 C=0.3(1)

16.3 EQUIPOS UTILIZADOS

16.3.1 Agilent Fieldfox RF Analyzer N9912A

Agilent FieldFox RF Analyzer
N9912A 4/6 GHz
Technical Overview



The advertisement features a central image of the Agilent FieldFox RF Analyzer N9912A 4/6 GHz. The device is a handheld unit with a color screen displaying a spectral plot. Above the device, there is a graphic of blue dots of varying sizes arranged in a star-like pattern. Surrounding the central image are four smaller inset photos: top right shows a man in a blue shirt and cap holding a clipboard; middle right shows a radio tower; bottom right shows a man sitting on the ground using a laptop; bottom left shows a man in a green shirt using a handheld device. Below the main image, the text "Carry precision with you." is written in a stylized font. At the bottom, the Agilent logo and the text "Anticipate — Accelerate — Achieve" are visible.

Carry precision with you.

Anticipate — Accelerate — Achieve

Agilent Technologies

Boost Your Readiness

FieldFox



Every piece of gear in your kit had to prove its worth. Measuring up and earning a spot is the driving idea behind Agilent's FieldFox RF analyzers. It starts with adaptability: every operating mode is flexible enough to meet the needs of novices and experts alike. To accelerate your work, each mode has a task-driven interface that saves time in the field. Best of all, FieldFox is designed to withstand your toughest working conditions.

Step up to FieldFox -- and achieve more in the field.



FieldFox

World's Most Integrated Handheld RF Analyzer



Key measurements

- Cable and antenna test, distance-to-fault, return loss, cable loss
- Vector network analysis with Smith chart display and time domain
- Vector voltmeter
- Spectrum analyzer, CHP, ACPR, OBW
- Interference analyzer, spectrogram, waterfall, record and playback
- Independent source, CW and tracking
- Power meter (USB), channel power meter (built-in), and pulse measurements

Key differentiators

- Integrated *QuickCal* calibrates without a calibration kit
- Immediate measurements with *CalReady*
- 50 percent faster than traditional handheld instruments
- Superior dynamic range (96 dB) and sensitivity (-148 dBm) in the spectrum analysis mode

Cable and antenna analyzer	2 MHz to 4/6 GHz
Vector network analyzer	
Spectrum analyzer	100 kHz* to 4/6 GHz
	*Useable to 5 kHz
Signal source	2 MHz to 4/6 GHz

3


SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.





Key Measurements

FieldFox



Cable and antenna analyzer

Fifty to sixty percent of cell site problems are caused by faulty cables, connectors, and antennas. Degraded feed lines cause poor coverage, unnecessary handovers, paging failures, and access failures on uplink. To avoid service quality problems, it is critical to keep cell sites' cable and antenna systems in good condition.

Use FieldFox to make return loss, VSWR, insertion loss/transmission, one-port cable loss, and distance-to-fault (DTF) measurements. You can test antennas, cables, filters, and amplifiers with a single instrument.



Return Loss (dB)

Frequency (MHz)

Insertion loss display



Return Loss (dB)

Frequency (MHz)

View and control the RL and DTF displays independently

Return loss and DTF measurements

FieldFox can make both return loss and distance-to-fault measurements at the same time. This helps you correlate overall system degradation with specific faults in the cable and antenna system.

The built-in cable editor allows you to edit existing cable types on-site, and save them as new cable types with user defined names.

FieldFox



Measurements in the field without the need to manually calibrate

Each instrument is **CalReady** at the RF Out port, immediately following power-on or preset. This means it's already calibrated and ready to make measurements such as one-port cable loss, VSWR, return loss, and DTF measurements at the test port.

Industry's first and only QuickCal

The industry's first and only built-in calibration system allows you to calibrate the cable/antenna tester without carrying a calibration kit into the field. As with any test instrument, when you add an additional device to the test port, such as a jumper cable or attenuator, you need to calibrate using a calibration kit (cal kit). **QuickCal** eliminates the hassle of carrying and using a cal kit, plus provides worry-free accuracy every time.

Broadband calibration

FieldFox allows you to make broadband calibrations, which means the instrument is calibrated over the maximum frequency span. After a broadband calibration, you can change the frequency range or number of points without recalibrating the instrument.




7

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTORNO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS
MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.


FieldFox



RF spectrum monitoring aided by spectrogram recording



Use the spectrum analyzer's audio signal strength indicator to locate signals when walking around



Select one of the pre-loaded radio frequency standards, or create your own custom standard

Built-in spectrum analyzer

Interference is a major source of cell site problems. Interference can be internal or external, and uplink or downlink. Downlink interference reduces coverage, while uplink interference causes access failure. Interference has a direct impact on the quality of service of wireless communication services.

FieldFox has an optional built-in spectrum analyzer that covers frequency ranges from 5 kHz to 6 GHz. It provides a fast spectrum scan to detect interference and RF burst capture to measure intermittent signals. It displays four traces at the same time, and you can choose different detector modes.

Field strength measurements

Field strength characterization is a common test performed by operators in the field. To make accurate measurements, the gain and loss of the antenna and cables need to be accounted for. With FieldFox, antenna factors and cable loss data can be loaded using either the front panel or the Data Link software.

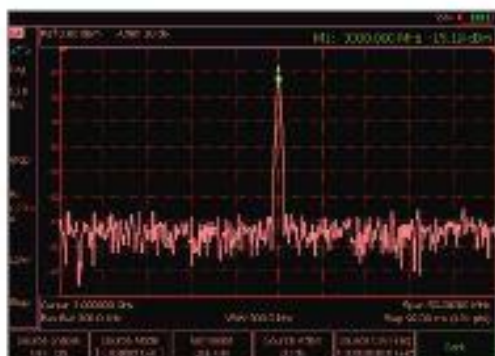
Interference analyzer

FieldFox interference analyzer is designed for identifying interference signals quickly in the field. It has the best dynamic range on the market (96 dB) with very fast sweep times under narrow resolution bandwidths (RBWs).

FieldFox provides a spectrogram and waterfall display to detect intermittent interference signals or monitor signals of interest for longer periods of time. Signal traces can be recorded into internal memory or external flash memory devices, the saved traces can be played back for offline processing.

FieldFox also allows you to listen to demodulated AM/FM signals to identify signal types.

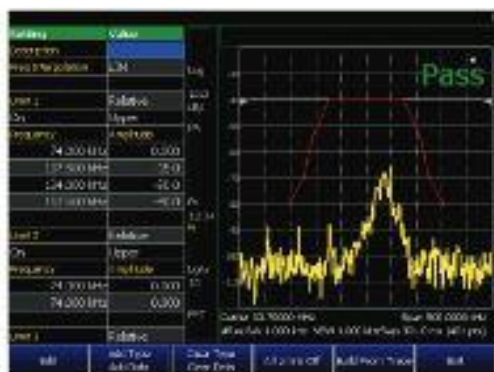
FieldFox



FieldFox's independent CW signal source, coupled, viewed in "Night Vision" display mode



Channel power measurements are easily displayed on a large analog display, viewed in "Outdoor Sun" display mode



Use limit lines or masks to perform spectrum compliance tests

Independent signal source and tracking generator

FieldFox has a built-in independent signal source, with a frequency range of 2 MHz to 4/6 GHz. The signal source and spectrum analyzer can be on at the same time. The signal source can be tuned to any frequency, independent of the spectrum analyzer frequency.

The signal source can be used to create a test signal to measure coverage, antenna isolation, antenna direction alignment, frequency offset device verification, and long cable loss measurement.

FieldFox's source can generate both a CW signal and a swept frequency signal, similar to a traditional tracking generator. This feature is standard on FieldFox RF analyzers with spectrum analyzer Options 230 or 231.

Channel power meter

With Option 311, FieldFox is able to make channel power measurements (CPMs) easily, without the need for an external USB power sensor. Users can set the center frequency directly or select from a list of pre-defined radio standards such as GSM or LTE. Additionally, with CPM, the channel bandwidth can be controlled, thereby reducing errors caused by out-of-band signals.

Limit lines simplify testing

Limit lines or masks can be used for quick pass/fail testing of devices or frequency spectrums. FieldFox allows you to define fixed and relative limit lines, for both the RF spectrum traces and S parameters. Additionally, with a single key press, you can build a limit line table from a current trace, and add offsets or margins to simplify your testing process.

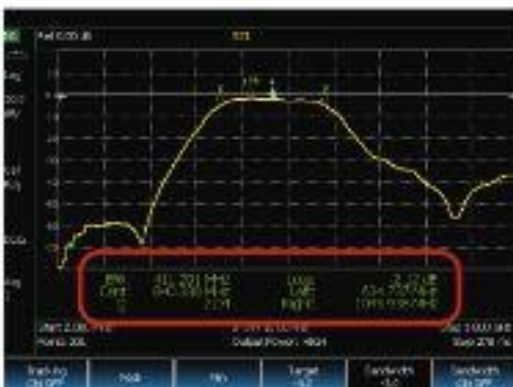
FieldFox



Use time domain gating to remove unwanted responses. Before gating: Traces 1 and 3. After gating: Traces 2 and 4.



Device input impedance displayed on a Smith chart



The marker bandwidth/Q factor function simplifies filter testing and tuning.

Network analyzer time domain

With the time domain Option, FieldFox computes the inverse Fourier transform of the frequency-domain data to display reflection or transmission coefficients versus time. Time domain gating can be used to remove unwanted responses such as connector mismatch or cable discontinuities, and the results can be displayed in either time or frequency domain. FieldFox's time domain function supports both low pass mode and band pass mode, enabling users to measure both broadband and frequency-selective devices.

Network analysis

S11, S11 phase, Smith chart and polar display are available with Option 303 (Network analysis capability). To obtain S21 or insertion loss/gain, users need to order Option 110 (transmission measurement), in addition to Option 303.

For in-fixture measurements, use FieldFox's port extension or electrical delay capability to easily extend the reference plane to the device interface to provide accurate measurements. You can use the electrical delay capability to measure deviation from linear phase by removing the linear portion of the phase delay.

If you need to measure the magnitude and phase of all four S-parameters, consider the N9923A FieldFox RF VNA. Please refer to Agilent FieldFox RF Vector Network Analyzer, literature part number 5990-5087EN.

FieldFox

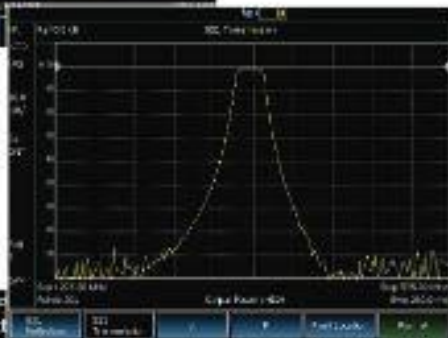


Power meter with USB power sensor

FieldFox can connect with the Agilent USB power sensors to make average power measurements up to 40 GHz. Using USB peak power sensors, users can measure both the average and the peak power of a modulated signal.



Pulse measurement



Transmission measurement



VVM applications:

- Cable trimming of phase matched cables
- Verifying the isolation of 2-port components
- Radio navigation – VHF omnidirectional radio range (VOR) and Instrumentation Landing System (ILS)

Pulse measurements

FieldFox's pulse measurement option allows users to efficiently characterize pulsed-RF signals such as those used in radar and electronic warfare systems, leveraging Agilent's USB peak power sensors (available in 18 and 40 GHz models). Measurements include peak power, peak to average ratio, and pulse profiling.

Transmission measurement

FieldFox provides a 2-port transmission measurement that measures insertion loss, amplifier gain, filter passband, and loss. It also makes a S21 scalar measurement if Option 383 is enabled.

Vector voltmeter


Using FieldFox's vector voltmeter (VVM), the phase shift and electrical length of a device can be measured.

By utilizing the "Zero" function, the phase and electrical length of one device can be measured relative to a "golden device". View results on the large display which can be seen as far as ten feet away.


FieldFox offers much of the VVM functionality of the popular HP/Agilent 8508A, in a handheld portable form factor, and without the need for the source/bridge/accessories required with the 8508A.

Feature and Benefit Summary

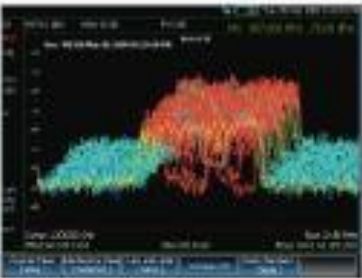
FieldFox



Perform and view return loss and distance-to-fault measurements at the same time



Locate interference signals




Waterfall display

Comprehensive measurement capabilities

Cable and antenna test <ul style="list-style-type: none"> • Return loss, VSWR • Distance-to-fault 	<p>Return loss/VSWR measurements allow you to evaluate the impedance matching performance of the feed line across the frequency range of interest.</p> <p>Distance-to-fault measurements help you identify the faults along a feed line. Use these measurements to precisely pinpoint the location of damaged or degraded antennas, connectors, amplifiers, filters, and duplexers, etc.</p> <p>FieldFox provides up to 1001 data-point resolution to help accurately locate faults and extend measurement distance.</p>
Transmission test <ul style="list-style-type: none"> • Cable loss • Insertion loss • Amplifier gain 	<p>Transmission test is used to accurately measure cable loss, insertion loss (filters), and amplifier gain (tower mounted amplifier). FieldFox offers two-port transmission magnitude measurements with up to 72 dB dynamic range.</p>
One-port cable loss	<p>For already-installed cables, FieldFox accurately measures cable loss via the RF Out port. The instrument measures actual cable loss, without the need for additional computation.</p>
CalReady at test port	<p>Each instrument is calibrated at the RF Out port. When you power up the instrument, it is ready to make measurements such as one-port cable loss, VSWR, return loss, and DTF at the test port.</p>
QuickCal	<p>The industry's first and only built-in calibration system allows you to calibrate the cable and antenna tester without carrying a calibration kit with you all the time. It provides worry-free accuracy and excellent repeatability.</p>
Mechanical calibration	<p>Open-short-load (OSL) is standard in FieldFox. There are four calibration kits defined in the instrument.</p>
Spectrum analysis	<p>The built-in spectrum analyzer allows you to scan up to 6 GHz and detect internal and external interference. FieldFox can detect signals as low as -148 dBm up to 6 GHz, with phase noise of -88 dBc at 10 kHz, and a third order intercept (TOI) better than +18 dBm.</p>
Limit lines	<p>Use limit lines or masks for pass/fail testing. You can set up both fixed and relative limit lines, or build a limit line table from a current trace.</p>
Interference analyzer	<p>Spectrogram and waterfall displays allow you to detect and monitor intermittent interference signals. The interested signals can be recorded and played back.</p>
Field strength measurements	<p>Antenna factors and cable loss data can be loaded using either the front panel or the Data Link software. Field strength can be displayed in dBuV/m, dBuA/m, dBG or dBpT.</p>
GPS	<p>Enables operators to find exact locations and time/location stamp their measurement reports. The GPS information can be displayed on the screen and saved as part of the image, data or recorded signal.</p>

12


FieldFox



Channel power measurement



Make accurate true average power measurements without bringing along a power meter



Agilent's FieldFox pulse measurements simplify radar field testing.


Comprehensive measurement capabilities <i>continued</i>	
Independent signal source	Provides a test signal to measure coverage, antenna isolation, long cable loss, frequency offset, and align antenna direction.
Power suite measurements	Built-in spectrum analyzer provides one-button power suite measurements such as channel power, ACPR and OBW for LTE, WiMAX, WCDMA, TD-SCDMA, cdma2000 and GSM measurements.
Custom radio standards	Use one of the pre-loaded radio standards such as GSM 1900 or WCDMA 850, or create your own custom radio standard using a csv file.
AM/FM tune and listen	The built-in spectrum analyzer can demodulate AM/FM modulated signals and play the audio via speaker or headset. This feature is very useful to identify types of signals.
Channel power meter	Channel power meter measurements provide absolute power measurements over a defined frequency bandwidth, without the need for an external power sensor.
Power meter	Makes accurate true average power measurements without bringing a power meter along. The state-of-the-art Agilent USB power sensors provide measurements up to 24 GHz.
Pulse characterization	Using USB peak sensors and FieldFox, you can measure peak power, peak to average ratio, and pulse profile parameters such as rise time, fall time and pulse repetition frequency.
Smith chart	Smith charts can be used to display impedance matching characteristics in cable and antenna systems.
Vector voltmeter	The large vector voltmeter display makes it easy to match two or more device's electric length and ensure signals that travel on different devices have the same delay.
Electrical delay	Using the electrical delay function, you can remove the linear portion of the phase shift and view the deviation from linear phase.
Port extension	Allows you to extend the reference plane after calibration. This feature is useful for measurements such as in-fixture test, where calibrating at the DUT or reference plane is cumbersome.
Network analyzer time domain	Using the time domain feature, you can display reflection or transmission coefficients versus time. Time domain gating can be used to remove unwanted responses such as connector mismatch or cable discontinuities.

13

FieldFox



Transflective display makes it easy to read measurements in direct sunlight



Water resistant chassis withstands wide temperature ranges and humid environments

Field-proof usability	
Transflective display and backlit keys	The display is designed for easy viewing in indoor and outdoor settings and in direct sunlight and darkness. Access different display modes via softkeys.
Task-driven key design	Front-panel keys are grouped to easily and naturally perform standard field measurements.
Speaker and headphone jack	Used for demodulated audio signal capability.
One-button measurement	Provides task-driven user interface to simplify the measurements.

Rugged design	
Water-resistant chassis, keypad and case design	The case is made from polycarbonates that withstand wide temperature ranges and salty, humid environments.
RF connector protection	A specially designed connector bay protects the RF connectors from damage during drops or other external impacts.
Dust-free design	With no vents or fans in the case, FieldFox resists dust for better equipment reliability.
Meets tough environmental standard	Meets MIL-PRF-28800F Class 2 specification.
Gasketed doors	Protects instrument interface from moisture.

Modern connectivity	
USB 2.0 ports	Two USB 2.0 ports; can be used for data transfer, GPS receiver and USB power sensor support.
LAN port	Used for SCPI programming, Data Link connection, and remote control via iOS device.
SD flash card slot	Use as a data storage device.
FieldFox Data Link software	Transfer data remotely from the instrument to a PC for back-office applications such as baseline analysis and report generation.
Remote control capability	Remotely monitor and control FieldFox using an iOS device such as iPad or iPhone, via a LAN network connection.

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS
MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

Specifications

FieldFox

A condensed version of the specifications is provided here. See the User's Guide for the complete version:
<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/N8912-90001.pdf>

Specification (spec.):

Warranted performance. Specifications include guardbands to account for the expected statistical performance distribution, measurement uncertainties, and changes in performance due to environmental conditions. The following conditions must be met:

FieldFox has been turned on at least 10 minutes (unless otherwise stated)

FieldFox is within its calibration cycle

Storage or operation at 25 °C ±5 °C range (unless otherwise stated)

Typical (typ.):

Expected performance of an average unit over a 20 °C to 30 °C temperature range, unless otherwise indicated; does not include guardbands. It is not covered by the product warranty. The FieldFox must be within its calibration cycle.

Nominal (nom.):

A general, descriptive term or design parameter. It is not tested, and not covered by the product warranty.

Cable and antenna analyzer (Option 104 or 106)

Frequency

Frequency range

Option 104

2 MHz¹ to 4 GHz

Option 106

2 MHz² to 6 GHz

Frequency reference

Accuracy

±2 ppm

Aging rate

±1 ppm/yr

Temperature stability

±1 ppm over -10 to 55 °C

Frequency resolution

2 MHz to 1.6 GHz

2.5 kHz

> 1.6 GHz to 3.2 GHz

5 kHz

> 3.2 GHz to 6 GHz

10 kHz

Measurement speed

Return loss

1.5 ms/point (nominal)

1.75 GHz to 3.85 GHz, 1001 points, Cal ON

Distance-to-fault

2.4 ms/point (nominal)

0 to 500 ft, 601 points, Cal ON

Data points

101, 201, 401, 601, 801, 1001 (up to 10,001 using SCPI)

Directivity

Corrected

> 42 dB

QuickCal (Option 111)

> 42 dB (typical)³

Source match

Corrected

> 36 dB

QuickCal (Option 111)

≥ 35 dB (typical)³

Reflection tracking

Corrected

± 0.06 dB

QuickCal (Option 111)

± 0.15 dB (typical)³

1. Spectrum analyzer (Option 230) start frequency is 100 kHz, usable to 5 kHz.

2. Spectrum analyzer (Option 231) start frequency is 100 kHz, usable to 5 kHz.

3. Requires 90 minute warm up

16

FieldFox		
Dynamic range		
Reflection (RF Out port)		
2 MHz to 4 GHz	60 dB (typical)	
> 4 GHz to 6 GHz	55 dB (typical)	
Transmission measurement (Option 110)		
2 MHz to 2 GHz	72 dB (typical)	
> 2 GHz to 3 GHz	67 dB (typical)	
> 3 GHz to 5 GHz	58 dB (typical)	
> 5 GHz to 6 GHz	49 dB (typical)	
Output power range		
High power		
2 MHz to 4 GHz	< +8 dBm, +6 dBm (nominal)	
> 4 GHz to 6 GHz	< +7 dBm, +2 dBm (nominal)	
Low power		
2 MHz to 4 GHz	< -23 dBm, -25 dBm (nominal)	
> 4 GHz to 6 GHz	< -24 dBm, -29 dBm (nominal)	
Immunity to interference		
	+16 dBm (nominal)	
Maximum input level (RF Out port)		
	+23 dBm	
Maximum input DC voltage (RF Out port)		
	±50 VDC	

FieldFox	
Cable and antenna measurements	
Return loss	
Display range	0 to 100 dB
Resolution	0.01 dB
VSWR	
Display range	0 to 100
Resolution	0.01
Distance to fault (DTF)	
<ul style="list-style-type: none"> • Range = (number of points - 1)/(span²) x V1 (velocity factor in cable) x c (light speed) • Resolution = range/(number of points - 1) • Number of points: 101, 201, 401, 601, 801, 1601, 4001, 10,001 (custom number of points can be set using SCPI) • Distance-to-fault display: return loss, VSWR, reflection coefficient 	
Cable loss (1-port)	
Terminated cable under test with short	
Insertion loss (2-ports)	
Requires Option 110	
Transmission measurement (Option 110)	
Frequency range	
Option 104	2 MHz to 4 GHz
Option 106	2 MHz to 6 GHz
Dynamic range	
2 MHz to 2 GHz	72 dB (typical)
2 GHz to 3 GHz	67 dB (typical)
> 3 GHz to 5 GHz	58 dB (typical)
> 5 GHz to 6 GHz	49 dB (typical)

FieldFox

Network analysis (Option 303)

S11	Vector measurement, S11 magnitude and S11 phase. Specification is listed under Cable and antenna analyzer section (S11/Return loss).
S21	Scalar measurement, S21 magnitude. Specification is listed under transmission measurement. S21 requires Option 110 transmission measurement.
A	Reflected power
R	Source power
Display	Log, linear, phase, VSWR, Smith chart, polar, group delay, unwrapped phase
Calibration types	<ul style="list-style-type: none"> Mechanical cal QuickCal Normalization
IF bandwidth selections	300 Hz, 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz and 30 kHz
Data points	101, 201, 401, 601, 801, 1001, 1601, 4001, 10,001 (custom number of points can be set using SCPI)

Vector network analyzer time domain (Option 010)

Using time domain, data from transmission or reflection measurements in the frequency domain are converted to the time domain. The time-domain response shows the measured parameter value versus time.

Time stimulus modes

Low-pass step	This stimulus, similar to a traditional time domain reflectometer (TDR) stimulus waveform, is used to measure low-pass devices. The frequency-domain data should extend from DC (extrapolated value) to a higher value.
Low-pass impulse	This stimulus is also used to measure low-pass devices.
Bandpass impulse	The bandpass impulse stimulates a pulsed RF signal and is used to measure the time-domain response of band-limited devices.

Windows

The windowing function can be used to filter the frequency-domain data and thereby reduce overshoot and ringing in the time-domain response.

Gating

The gating function can be used to selectively remove reflection or transmission time-domain responses. In converting back to the frequency domain the effects of the responses outside the gate are removed.

FieldFox	
Spectrum analyzer (Option 230 or 231)	
Frequency	
Frequency range	
Option 104	100 kHz to 4 GHz, usable to 5 kHz
Option 106	100 kHz to 6 GHz, usable to 5 kHz, tunable to 6.1 GHz
Frequency reference	
Accuracy	±2 ppm
Frequency aging	±1 ppm/yr
Frequency reference	
Temperature stability	±1 ppm over -10 to 55 °C
Frequency readout accuracy	
± (readout frequency x frequency reference accuracy + RBW centering + 0.5 x horizontal resolution)	
Frequency span	
Range	0 Hz (zero span), 10 Hz to maximum frequency
Span accuracy	±(2 x RBW centering + horizontal resolution)
Span resolution	1 Hz
Resolution bandwidth (RBW)	
Range (-3 dB bandwidth)	
Zero span	300 Hz to 1 MHz in 1-3-10 sequence; 2 MHz
Non-zero span	10 Hz to 300 kHz in 1/1.5/2/3/5/7.5/10 sequence; 1 MHz, 2 MHz
Accuracy	
1 kHz to 1 MHz: ±5% (nominal)	
10 Hz to 100 KHz non-zero span: ±1% (nominal)	
2 MHz: ±10% (nominal)	
300 Hz zero span: ±10% (nominal)	
Selectivity (-60 dB/-3 dB)	
4:1 (nominal)	
Video bandwidth (VBW)	
Range	1 Hz to 2 MHz in 1/1.5/2/3/5/7.5/10 sequence
Stability	
Noise sidebands, CF = 1 GHz	
10 kHz offset: -88 dBc/Hz (typical)	
30 kHz offset: -89 dBc/Hz (typical)	
100 kHz offset: -95 dBc/Hz (typical)	
1 MHz offset: -115 dBc/Hz (typical)	
Sweep acquisition, span > 0 Hz	
Range	1 to 5000, number of data acquisitions per trace point; value is normalized to the minimum required to achieve amplitude accuracy with CW signals
Resolution	1
Readout	Measured value representing time required to tune receiver, acquire data, and process trace
Trace updates	
Span = 20 MHz, RBW = 3 kHz: 1.5 updates/second	
Span = 100 MHz, RBW auto coupled: 7 updates/second	
Span = 6 GHz, RBW auto coupled: 1 update/second	
Trace points	
101, 201, 401, 601, 801, 1001 points, default is 401	

FieldFox

Amplitude

Measurement range

Displayed average noise level (DANL) to +20 dBm

Input attenuator range

0 to 31 dB, 1 dB steps

Maximum DC voltage at RF In port

±50 VDC

Maximum input power at RF In port

+27 dBm (0.5 W)

Displayed average noise level (DANL)

10 Hz RBW, 10 Hz VBW, 50 ohm termination on input, 0 dB attenuation, average detector

Preamplifier OFF

20 to 30 °C

10 MHz to 2.4 GHz -130 dBm (typical)

> 2.4 GHz to 5.0 GHz -125 dBm (typical)

> 5.0 GHz to 6.0 GHz -119 dBm (typical)

Preamplifier ON (Option 235)

20 to 30 °C

10 MHz to 2.4 GHz -148 dBm (typical)

> 2.4 GHz to 5.0 GHz -145 dBm (typical)

> 5.0 GHz to 6.0 GHz -138 dBm (typical)

-10 to 55 °C

10 MHz to 2.4 GHz < -141 dBm

> 2.4 GHz to 5 GHz < -138 dBm

> 5 GHz to 6 GHz < -130 dBm

Total absolute amplitude accuracy¹

Peak detector, 10 dB attenuation, preamplifier off, RBW < 2 MHz, input signal 0 dBm to -50 dBm, all settings auto-coupled

20 to 30 °C

2 MHz to 10 MHz ±1.8 dB ±0.60 dB (typical)

> 10 MHz to 3.0 GHz ±1.5 dB ±0.50 dB (typical)

> 3.0 GHz to 5.0 GHz ±1.9 dB ±0.60 dB (typical)

> 5.0 GHz to 6.0 GHz ±2.1 dB ±0.60 dB (typical)

Second harmonic distortion (SHI)

-30 dBm signal at input mixer

2 MHz to 1.35 GHz < -70 dBc, +40 dBm SHI (nominal)

1.35 GHz to 3.0 GHz < -80 dBc, +50 dBm SHI (nominal)

¹ Requires 60 minute warm up

20

FieldFox	
Third order intermodulation distortion (TOI)	
Two -30 dBm tones at input mixer, > 100 kHz tone separation	
< -96 dBc, +18 dBm TOI (nominal)	
Residual responses	
Input terminated, 0 dB attenuation, preamplifier off, RBW ≤ 1 kHz, VBW auto-coupled	
20 MHz to 3 GHz	-90 dBm (nominal)
> 3 GHz to 6 GHz	-85 dBm (nominal)
Spurious responses	
Input mixer level -30 dBm	
RFsig = RFtune + 417 MHz	-70 dBc (nominal)
RFsig = RFtune + 1.716 GHz	-80 dBc (nominal)
Input mixer level -10 dBm, first IF image response	
RFsig = RFtune - 2 x 0.8346 GHz, for RFtune 5.7 to 6.0 GHz	-50 dBc (nominal)
Sidebands	-80 dBc (nominal)
	-60 dBc (nominal) when battery charging, 200 kHz offset
Preamplifier (Option 235 requires Option 230 or 231)	
Option 230	100 kHz to 4 GHz
Option 231	100 kHz to 6 GHz
Gain	22 dB (nominal)
Reference level	
Range	-170 dBm to +30 dBm
Resolution	0.1 dB
Accuracy	0 dB (no error)
Traces	
4 traces, data/max/average/min	
Detectors	
Normal, positive peak, negative peak, sample, average	
Markers	
Marker types	Normal, noise marker, band/interval marker, frequency counter marker
Number of markers or delta markers	6
Marker functions	Peak, next peak, peak left, peak right, marker to center, minimum search
RF In VSWR	
1.5:1 (50 ohm)	
Trigger	

FieldFox

Independent signal source or tracking generator

The independent source or tracking generator is included with either spectrum analyzer option 230 or 231. The source can be used in continuous wave (CW) or stimulus/response (S/R) mode. In CW mode, the source frequency is independent of the receiver frequency. The source can be tuned to a frequency that is different from the receiver. In stimulus/response mode, the source operates the same as a traditional tracking generator - the receiver tracks the source.

Frequency range

2 MHz to 4 GHz (Option 230) or 2 MHz to 6 GHz (Option 231)

Amplitude

High power	2 MHz to 4 GHz	< +8 dBm, +6 dBm (nominal)	Low power	2 MHz to 4 GHz	< -23 dBm, -25 dBm (nominal)
	> 4 GHz to 6 GHz	< +7 dBm, +2 dBm (nominal)		> 4 GHz to 6 GHz	< -24 dBm, -29 dBm (nominal)

Attenuation

0 to 31 dB

Functions

Continuous wave, stimulus / response

External, video trigger, FFT gating with video (IF envelope) trigger

Channel power meter (Option 311)

Channel power meter is a built-in power measurement that does not require an external power sensor. Users can set the center frequency and channel bandwidth. The results are shown on a large analog display.

Frequency range

100 kHz to 4/6 GHz

Power accuracy¹

Frequency range	Spec	Typical
2 MHz to 10 MHz	±1.8 dB	±0.60 dB
> 10 MHz to 3.0 GHz	±1.5 dB	±0.50 dB
> 3.0 GHz to 5.0 GHz	±1.9 dB	±0.60 dB
> 5.0 GHz to 6.0 GHz	±2.1 dB	±0.60 dB

Power meter measurement with USB sensor (Option 302)

Support for Agilent USB average and peak power sensors. Frequency and power range dependent on sensor.

List of supported sensors: <http://www.agilent.com/find/usbsensorsforfieldfox>

Pulse measurements with USB peak power sensor (Option 330)

FieldFox's pulse measurement option can be used to characterize RF pulses such as those used in radar and electronic warfare systems. Measurements are made using FieldFox and Agilent's USB peak power sensors.

Performance specifications such as frequency, dynamic range and minimum pulse width depend on the peak power sensor. Supported peak power sensors: www.agilent.com/find/usbsensorsforfieldfox

Remote control capability with iPad or iPhone (Option 030)

Users can now remotely monitor and control their FieldFox using their iOS device such as an iPad, iPhone, or iPod Touch. FieldFox's Remote Viewer iOS app emulates the front panel of the unit, so users can simply press any FieldFox key right from their iOS device, including the hardkeys or softkeys.

With this technology, FieldFox can now be placed in areas where users do not wish to stay long due to extremely harsh or unsafe conditions. Additionally, if one technician or engineer has trouble making a measurement or determining the source of a problem, another can step in to remotely troubleshoot and solve the problem, which helps minimize rework and multiple trips.

When the application is launched, users can access the FieldFox demo videos and technical literature such as user guides, application notes, and datasheets. Accessing this information via the FieldFox app helps engineers and technicians in the field quickly find the data they need to resolve issues as they arise. Such capabilities also make the app ideal for training and educational purposes.

The iOS device and FieldFox communicate via a WLAN or broadband data connection. Without Option 030, users can remotely view the live display screen of their FieldFox, but cannot control the instrument.

FieldFox							
General specifications							
Connector type	Type-N (female)						
Input impedance	50 ohm						
External reference	<table> <tr> <td>Input type</td><td>BNC female</td></tr> <tr> <td>Reference frequency</td><td>10 MHz</td></tr> <tr> <td>Required level</td><td>-5 dBm to 10 dBm</td></tr> </table>	Input type	BNC female	Reference frequency	10 MHz	Required level	-5 dBm to 10 dBm
Input type	BNC female						
Reference frequency	10 MHz						
Required level	-5 dBm to 10 dBm						
Display	6.5" transfective, color VGA LED backlit 640 x 480 with anti-glare coating						
Speaker	Built-in speaker						
Headphone jack	Built-in headphone jack						
Connectivity	2 x USB 2.0; 1 x mini USB; 1 x LAN						
GPS	Latitude, longitude, elevation and accurate time are provided. The GPS information can be displayed on the screen, and saved as part of the image, data, or recording file. The GPS capability is standard with all N9912A FieldFox RF analyzers. An external USB GPS receiver is required. Agilent recommends the Microsoft Streets & Trips, or Microsoft AutoRoute with GPS locator.						
Internal storage	Minimum 16 MB, up to 1000 traces						
External storage	1 x micro SD slot and 2 x USB 2.0						
EMC	Complies with European EMC Directive 2004/108/EC • IEC/EN 61326-2-1) • CISPR Pub 11 Group 1, Class A • AS/NZS CISPR 11 • ICES/NMB-001						
ESD	• IEC/EN 61000-4-2, functional up to 20 kV test						
Safety	Complies with European Low Voltage Directive 2006/95/EC • IEC/EN 61010-1 2nd Edition • Canada: CSA C22.2 No. 61010-1-04 • USA: UL 61010-1 2nd Edition						
1. Specification requires 90 minute warm-up							
23							

FieldFox	
General specifications continued	
Environmental	
Humidity	Meets MIL-PRF-28800F Class 2 specification 95% at 40 °C
Temperature	
Operating	-10 °C to +55 °C
Non-operating	-51 °C to 71 °C
Weight	
	6.2 lbs / 2.8 kg including battery
Dimensions (H x W x D)	
	11.5" x 7.4" x 2.8" (292 x 188 x 72 mm)
Power	
Power supply	External DC input: 15 to 19 VDC
External AC power adapter	
Input	100 to 250 VAC, 50 to 60 Hz; 1.25 to 0.56 A
Output	15 VDC, 4 A
Power consumption	12 W
Battery	6 cell Lithium Ion, 10.8 V, 4.6 A-h
Battery operating time	4 hours
Languages	
	English, Chinese, French, Spanish, Japanese, Russian, German, Italian, and Turkish
24	

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTORNO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS
MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

Configuration Information
FieldFox

N9912A FieldFox RF analyzer

FieldFox RF Analyzer base functions: One port cable and antenna analyzer (4 GHz), broadband calibration, CalReady, standard mechanical cal kit support. Measurements include: return loss, distance-to-fault (DTF), one port cable loss and VSWR.

Standard accessories included N9912A: AC/DC adapter; battery; soft carrying case comes with backpack and shoulder straps; Quick Reference Guide; User's Guide

N9912A FieldFox Options

Option 104	4 GHz cable and antenna analyzer
Option 106	6 GHz cable and antenna analyzer
Option 110	Transmission measurement
Option 111	QuickCal
Option 230	4 GHz spectrum analyzer (requires Option 104)
Option 231	6 GHz spectrum analyzer (requires Option 106)
Option 235	Preamplifier for spectrum analyzer (requires Option 230 or 231)
Option 236	Interference analyzer
Option 302	External USB power sensor support
Option 303	Network analysis capability
Option 308	Vector voltmeter
Option 010	Network analyzer time domain
Option 311	Channel power meter
Option 030	Remote control capability (from iOS device)
Option 330	Pulse measurements (requires USB peak power sensor)

N9912A upgrades

The following upgrades are available for the N9912A FieldFox RF Analyzer. More information regarding upgrades is available at: www.agilent.com/find/fieldfoxsupport

Product number before upgrade	Description	Required Options before upgrade
N9912AU-110	Add transmission measurement capability Allows use of second port in NA and CAT modes.	None
N9912AU-111	Add QuickCal	None
N9912AU-230	Add 4 GHz spectrum analyzer May only be installed on 4 GHz instrument.	4 GHz unit only, Option 104
N9912AU-231	Add 6 GHz spectrum analyzer May only be installed on 6 GHz instrument.	6 GHz unit only, Option 106
N9912AU-235	Add preamplifier to spectrum analyzer	Spectrum analyzer Option, 230 or 231
N9912AU-236	Add interference analyzer	Spectrum analyzer Option, 230 or 231
N9912AU-302	Add external USB power sensor support	None
N9912AU-303	Add network analyzer capability; one port only For second port, add Option 110.	None
N9912AU-308	Vector voltmeter	None
N9912AU-010	Add network analyzer time domain	Network analyzer Option 303
N9912AU-311	Add channel power meter	None
N9912AU-030	Add remote control capability	None
N9912AU-330	Add pulse measurements (requires USB peak power sensor)	None

Configuration Information		FieldFox
N9910X RF/MW handheld analyzer accessories		
N9910X-800	T-calibration kit, DC to 6 GHz, Type-N (m)	
N9910X-801	T-calibration kit, DC to 6 GHz, Type-N (f)	
N9910X-802	T-calibration kit, DC to 6 GHz, 7/16 DIN (m)	
N9910X-803	T-calibration kit, DC to 6 GHz, 7/16 DIN (f)	
85514A	4-in-1 OSLT mechanical calibration kit, DC to 9 GHz, Type-N (m), 50 ohm	
85515A	4-in-1 OSLT mechanical calibration kit, DC to 9 GHz, Type-N (f), 50 ohm	
N9910X-810	Rugged phase-stable cable, Type-N (m) to Type-N (m), 5 ft	
N9910X-811	Rugged phase-stable cable, Type-N (m) to Type-N (f), 5 ft	
N9910X-812	Rugged phase-stable cable, Type-N (m) to Type-N (m), 12 ft	
N9910X-813	Rugged phase-stable cable, Type-N (m) to Type-N (f), 12 ft	
N9910X-814	Rugged phase-stable cable, Type-N (m) to 7/16 (m), 5 ft	
N9910X-815	Rugged phase-stable cable, Type-N (m) to 7/16 (m), 12 ft	
N9910X-816	Rugged phase-stable cable, Type-N (m) to Type-N (f), 3.28 ft	
N9910X-817	Rugged phase-stable cable, Type-N (m) to Type-N (m), 3.28 ft	
N9910X-820	Antenna, directional, multiband, 800 to 2500 MHz, 10 dBi	
N9910X-821	Antenna, telescopic whip, 70 MHz to 1 GHz	
N9910X-843	Coaxial adapter, Type-N (m) to 7/16 DIN (f)	
N9910X-845	Adapter kit: Type-N (f) to 7/16 DIN (f), Type-N (f) to 7/16 DIN (m), Type-N (f) to Type-N (f)	
N9910X-846	Coaxial adapter, Type-N (m) 50 ohm to Type-N (f) 75 ohm (Recommend quantity 2 for 75 ohm measurements)	
N9910X-860	Fixed attenuator, 40 dB, 100 W, DC to 3 GHz, Type-N (m) to Type-N (f)	
N9910X-861	Fixed attenuator, 40 dB, 50 W, DC to 8.5 GHz, Type-N (m) to Type-N (f)	
N9910X-870	Extra battery	
N9910X-872	External battery charger	
N9910X-873	AC/DC adapter	
N9910X-874	External bias-tee, 2.5 MHz to 6 GHz, 1 W, 0.5 A	
N9910X-875	DC car charger and adapter	
N9910X-880	Extra soft carrying case with backpack and shoulder strap	
N9910X-881	Hard transit case	
For more information go to: www.agilent.com/find/fieldfox		



FieldFox



Soft carrying case with backpack and shoulder straps. Includes a shoulder strap. For an extra soft carrying case order N9910X-888



SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONCO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.



myAgilent

www.agilent.com/find/myagilent

A personalized view into the information most relevant to you.

Agilent Channel Partners

www.agilent.com/find/channelpartners

Get the best of both worlds: Agilent's measurement expertise and product breadth, combined with channel partner convenience.



Three-Year Warranty

WARRANTY

www.agilent.com/find/ThreeYearWarranty

Agilent's combination of product reliability and three-year warranty coverage is another way we help you achieve your business goals: increased confidence in uptime, reduced cost of ownership and greater convenience.



Agilent Advantage Services

www.agilent.com/find/AdvantageServices

Accurate measurements throughout the life of your instruments.



www.agilent.com/quality

www.agilent.com

www.agilent.com/find/fieldfox

www.agilent.com/find/im_forum

For more information on Agilent Technologies' products, applications or services, please contact your local Agilent office. The complete list is available at:

www.agilent.com/find/contactus

Americas

Canada (877) 894 4414

Brazil (11) 4197 3600

Mexico 01800 5064 800

United States (800) 829 4444

Asia Pacific

Australia 1 800 629 485

China 800 810 0189

Hong Kong 800 938 693

India 1 800 112 929

Japan 0120 (421) 345

Korea 080 769 0800

Malaysia 1 800 888 048

Singapore 1 800 375 8100

Taiwan 0800 047 866

Other AP Countries (65) 375 8100

Europe & Middle East

Belgium 32 (0) 2 404 93 40

Denmark 45 45 80 12 15

Finland 358 (0) 10 855 2100

France 0825 010 700*

*0.125 €/minute

Germany 49 (0) 7031 464 6333

Ireland 1800 924 204

Israel 972-3-0288-504/544

Italy 39 02 92 60 8484

Netherlands 31 (0) 20 547 2111

Spain 34 (91) 631 3300

Sweden 0200 88 22 55

United Kingdom 44 (0) 118 927 6261

For other unlisted countries:

www.agilent.com/find/contactus

PDF-10

Product specifications and descriptions in this document subject to change without notice.

© Agilent Technologies, Inc. 2008-2013

Published in USA, September 18, 2013

5989-8618EN



Agilent Technologies

16.3.2 Wasmote

Wasmote

General data:

Microcontroller:	ATmega1281
Frequency:	14.7456 MHz
SRAM:	8KB
EEPROM:	4KB
FLASH:	128KB
SD Card:	2GB
Weight:	20gr
Dimensions:	73.5 x 51 x 13 mm
Temperature Range:	[-10°C, +65°C]
Clock:	RTC (32KHz)

Consumption:

ON:	15mA
Sleep:	55µA
Deep Sleep:	55µA
Hibernate:	0.07µA

Operation without recharging: 1 year *

** Time obtained using the Hibernate mode
as the energy saving mode*



Inputs/Outputs:

7 Analog (I), 8 Digital (I/O), 1 PWM,
2 UART, 1 I2C, 1USB, 1SPI

Electrical data:

Battery voltage: 3.3 V - 4.2V
USB charging: 5 V - 100mA
Solar panel charging: 6 - 12 V - 280mA

Built-in sensors on the board:

Temperature (+/-): -40°C , +85°C. Accuracy: 0.25°C
Accelerometer: $\pm 2g$ (1024 LSb/g) / $\pm 6g$ (340LSb/g)
40Hz/160Hz/640Hz/2560Hz

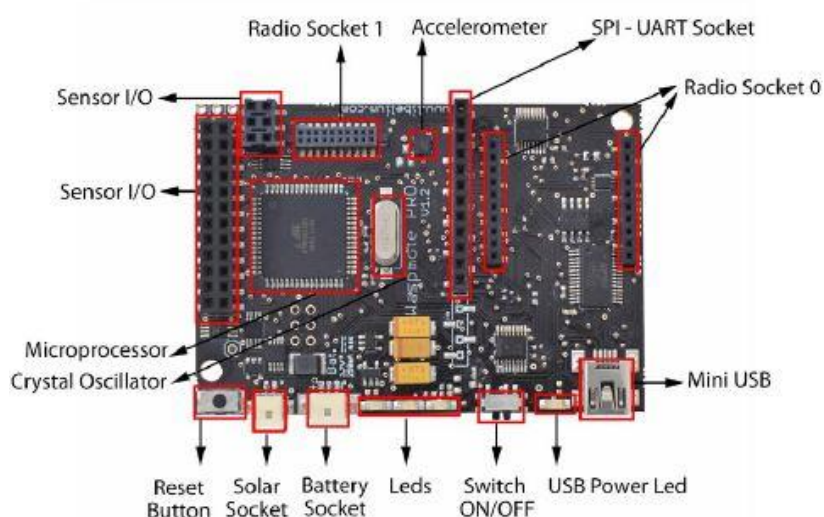


Figure 1: Wasp mote Board Top

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONCO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

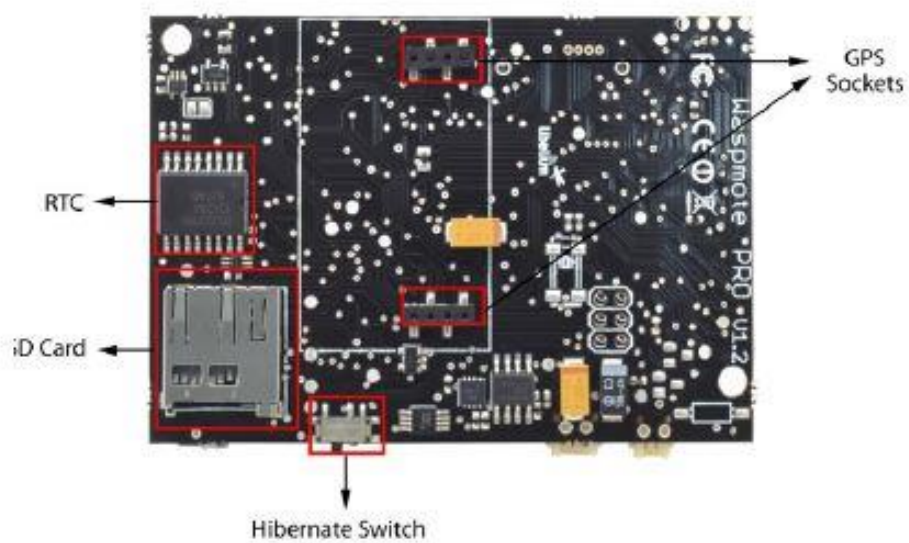


Figure 2: Wasp mote Board Bottom

16.3.3 802.15.4/ZigBee

802.15.4/ZigBee

Model	Protocol	Frequency	txPower	Sensitivity	Range *
XBee-802.15.4	802.15.4	2.4GHz	1mW	-92dB	500m
XBee-802.15.4-Pro	802.15.4	2.4GHz	100mW	-100dBm	7000m
XBee-ZB	ZigBee-Pro	2.4GHz	2mW	-96dBm	500m
XBee-ZB-Pro	ZigBee-Pro	2.4GHz	50mW	-102dBm	7000m
XBee-868	RF	868MHz	315mW	-112dBm	12km
XBee-900	RF	900MHz	50mW	-100dBm	10km
XBee-XSC	RF	900MHz	100mW	-106dBm	12km

* Line of sight and 5dBi dipole antenna

Antennas: 2.4GHz: 2dBi / 5dBi
868/900MHz: 0dBi / 4.5dBi

Connector: RPSMA

Encryption: AES 128b

Control Signal: RSSI

Standards: XBee-802.15.4 - 802.15.4 Compliant / XBee-ZB - ZigBee-Pro v2007 Compliant

Topologies: star, tree, mesh



Figure 3: XBee

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

Over the Air Programming is also possible once the node has been installed. With this technique you can reprogram wirelessly one or more Waspote sensor nodes at the same time by using a laptop and the Waspote Gateway.



Figure 32: Typical OTA process

Radio Interfaces

Model	Protocol	Frequency	txPower	Sensitivity	Range *
XBee-802.15.4	802.15.4	2.4GHz	1mW	-92dB	500m
XBee-802.15.4-Pro	802.15.4	2.4GHz	100mW	-100dBm	7000m
XBee-ZB	ZigBee-Pro	2.4GHz	2mW	-96dBm	500m
XBee-ZB-Pro	ZigBee-Pro	2.4GHz	50mW	-102dBm	7000m
XBee-868	RF	868MHz	315mW	-112dBm	12km
XBee-900	RF	900MHz	50mW	-100dBm	10Km
XBee-XSC	RF	900MHz	100mW	-106dBm	12Km

* Line of sight and Fresnel zone with 5dBi dipole antenna

16.3.4 Antenova Titanis 2.4 GHz Swivel SMA Antenna

Datos generales:

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS
MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

Product name	Titanis 2.4 GHz
	B4844 (Standard SMA – male)
Part Number	B4844-R (Reverse thread SMA – male)
Frequency	2.4 – 2.5 GHz
Polarization	Linear
Operating temperature	-40 °C to +85 °C
Impedance	50 Ω
Weight	7.1 g
Antenna type	¹ Swivel external
Dimensions	20 x 19.5 x 62.5 [mm]

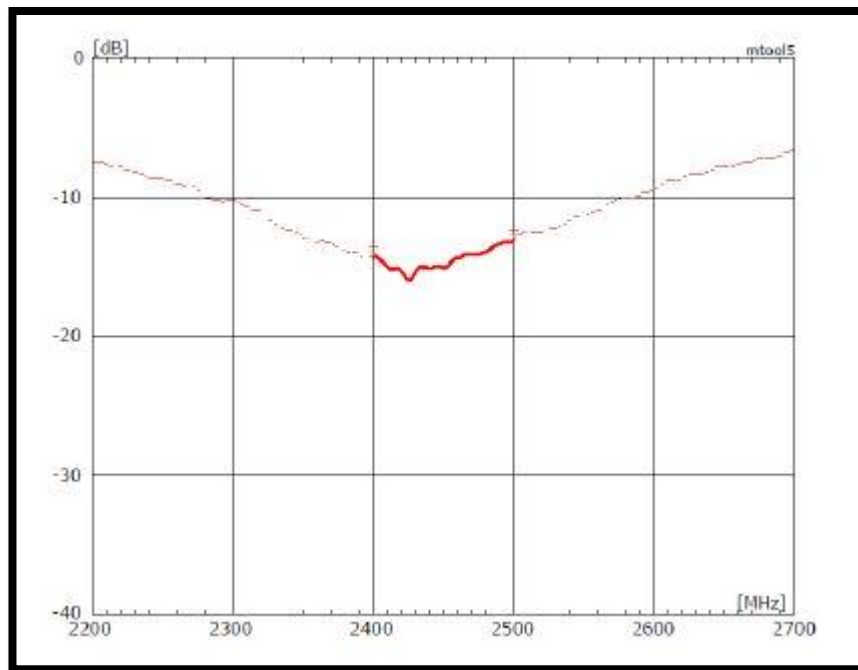
Características eléctricas:

	Typical performance	Conditions
Peak gain	2.2 dBi	Data given for the 2.4 – 2.5 GHz frequency range
Average gain	-1.0 dBi	
Average efficiency	80%	
Maximum Return Loss	-13 dB	
Maximum VSWR	1.6:1	

Rendimiento eléctrico:

Pérdidas de retorno

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.



VSWR

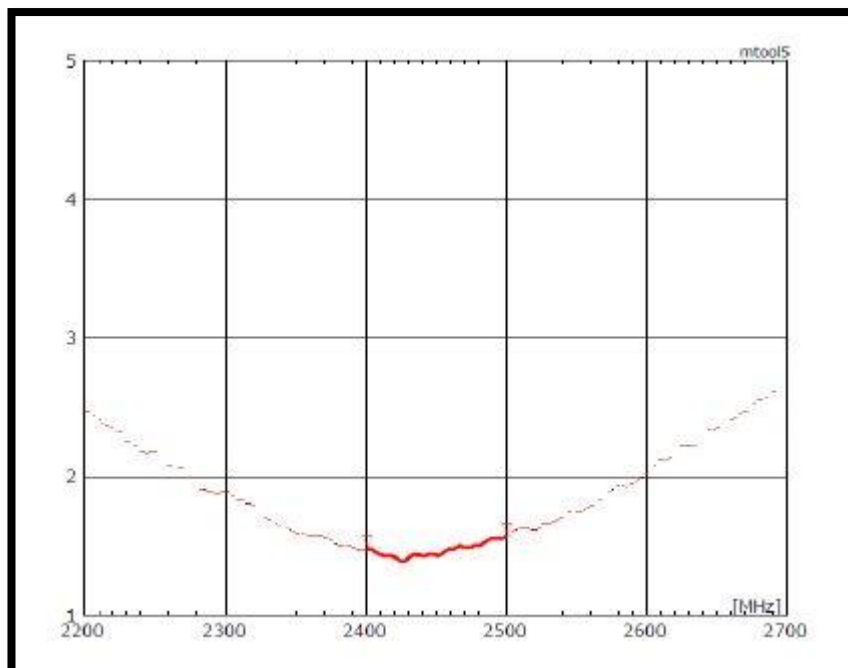
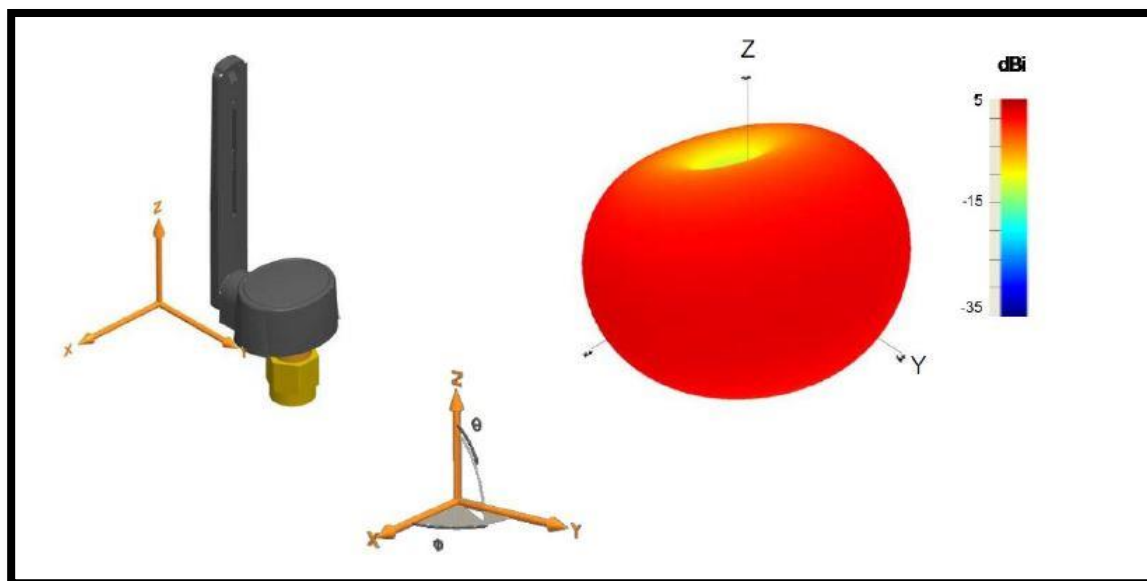
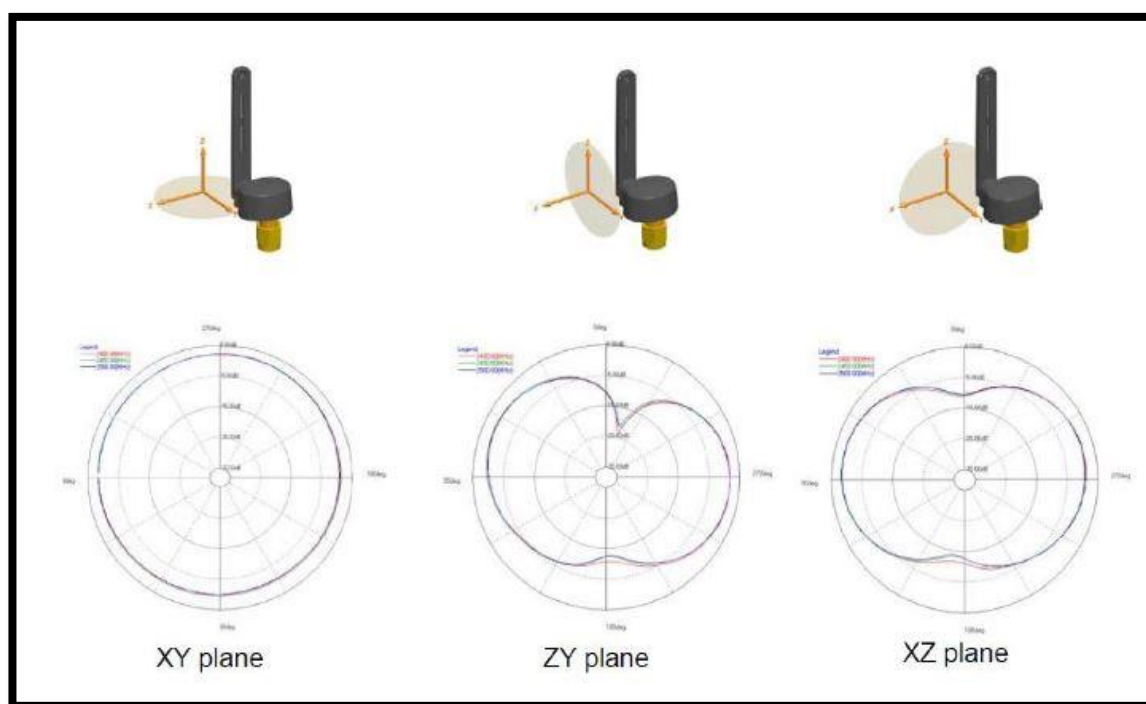


Diagrama de radiación:

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.



Cortes del diagram de radiación



16.3.5 Antenna Factor ANT-868-CW-HWR-xxx

Especificaciones eléctricas:

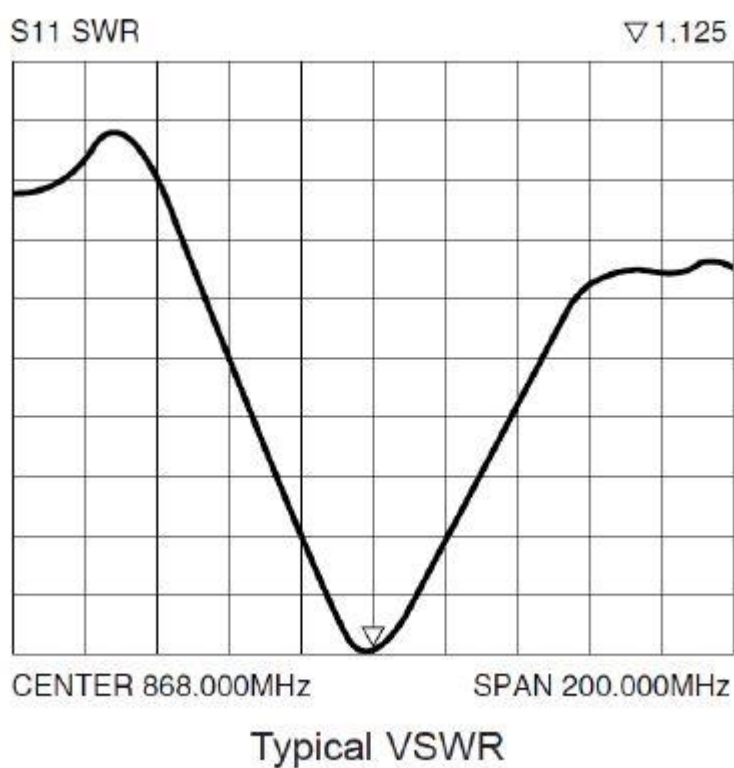
Frecuencia central:	868MHz
Ancho de banda:	30MHz
Longitud de onda:	$\lambda/2$
VSWR:	<2.0 típico en el centro
Impedancia:	50 ohms
Ganancia:	2dBi
Conector:	RP-SMA or SMA

Dimensiones:

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTRONO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.



Gráfico VSWR:



16.3.6 Estación de trabajo Lenovo ThinkStation D20

Las principales características de este equipo son las siguientes:

- Procesador Intel® Xeon® x5650 de doble núcleo (2,66 GHz, Turbo Boost, caché de nivel 2 (L2) de 12 MB)
- Memoria SDRAM DDR2 de 64 GB
- Tarjeta gráfica nVidia Quadro 600 GS de 128 MB
- Disco duro de 1 TB a 7200 rpm



Figura 9.81. Ordenador Lenovo ThinkStation D20.

16.3.7 ORDENADOR PORTATIL



Algunas de sus características:

- Procesador Intel Core 2 Duo P8700 de 2,53 GHz.
- Caché del microprocesador 3 MB de caché de nivel 2.

- Memoria 4096 MB (2 x 2048 MB).
- Gráficos de vídeo ATI Mobility Radeon HD 4530.
- Disco duro 320 GB (5400).
- Tarjeta de red LAN Ethernet Gigabit 10/100/1000 integrada.
- Conectividad inalámbrica Intel 802.11 b/g.

16.4 SOFTWARE

16.4.1 Matlab

MATLAB (MATrix LABoratory) es un entorno de desarrollo integrado de computación numérica que utiliza el lenguaje de programación M desarrollado en 1984 por la empresa MathWorks.

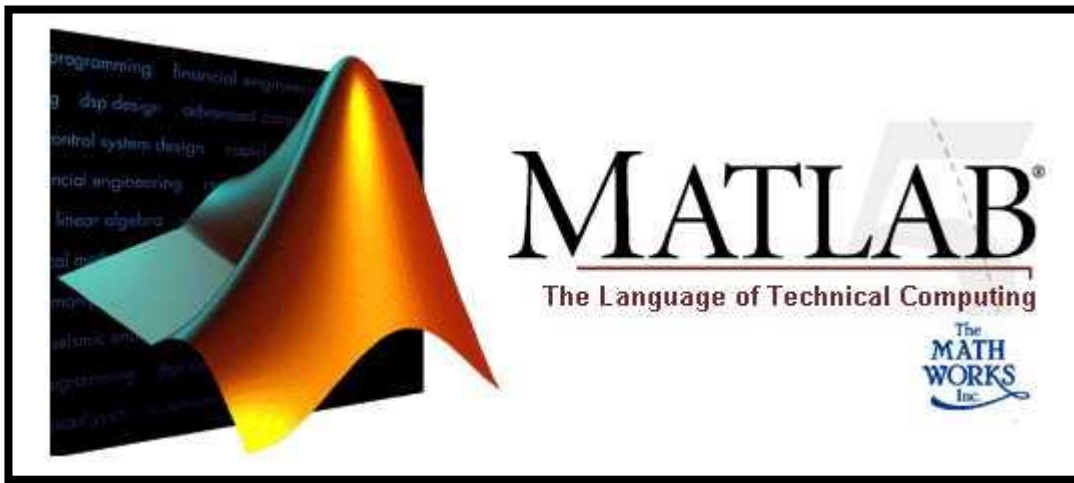
La elección de usar Matlab para implementar el algoritmo en el lenguaje de programación M ha sido promovida por el hecho de que éste permite realizar operaciones matemáticas numéricas de un modo muy sencillo, gracias a la simplicidad de su sintaxis. Además, Matlab ofrece una gran facilidad a la hora de mostrar los resultados gracias a sus potentes herramientas gráficas.

Las características más importantes de Matlab son:

- Lenguaje de programación de alto nivel.
- Entorno de desarrollo para la gestión de código, archivos y datos.
- Funciones matemáticas de álgebra lineal, estadística, análisis de Fourier, filtrado, optimización e integración numérica.
- Funciones para la visualización de datos gráficamente en 2 y 3 dimensiones.
- Herramientas para la creación de interfaces gráficas de usuario personalizadas.

SIMULACIÓN, ANÁLISIS Y MEDIDAS DE UN ENTORNO CERRADO PARA LA DETECCIÓN DE MASCOTAS MEDIANTE TECNOLOGÍA ZIGBEE.

- Funciones para integrar los algoritmos basados en MATLAB con aplicaciones externas, e idiomas, tales como C, C++, Fortran, Java, COM y Microsoft Excel.



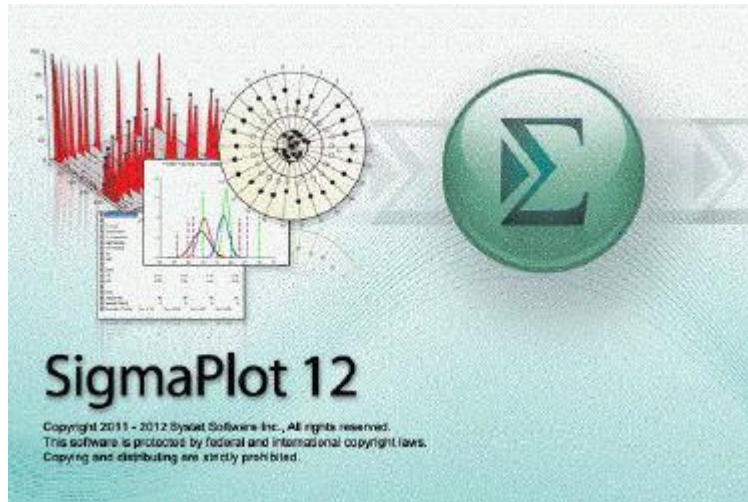
16.4.2 SigmaPlot

SigmaPlot es uno de los paquetes estadísticos más conocidos. A partir de una sencilla hoja de cálculo permite generar gráficas de alta calidad y efectuar análisis estadísticos complejos, de un modo rápido y sencillo.

SigmaPlot ha sido creado por la empresa SYSTAT y cuenta con un gran reconocimiento a nivel mundial, además de haber sido premiado en varias ocasiones.

Sus principales características son:

- Gran flexibilidad.
- Compatibilidad con Microsoft Windows y Office.
- Más de 100 tipos de gráficos de 2D y 3D.
- Rápida representación gráfica desde plantillas.
- Posibilidad de combinación con las capacidades estadísticas de SPSS.
- Extensible a través de macros Visual Basic.
- Ayuda en línea.



16.4.3 Microsoft Word y Excel.

Microsoft Word es el procesador de textos más conocido hoy en día, ya se desde una página en blanco, o usando alguna de las plantilla de que dispone, este programa ayuda a crear, editar y enriquecer textos con una gran selección de herramientas y contenido complementario.

Características más importantes:

- Generar tablas y gráficas.
- Crear hiperenlaces a páginas web.
- Insertar imágenes y capturas de pantalla.
- Exportar a PDF.
- Herramientas de traducción y corrección.
- Macros para automatizar tareas.



Microsoft Excel es un software específico de hojas de cálculos que posee una interfaz práctica y funcional donde el usuario puede gestionar rápidamente su información y visualizar todos los datos de la mejor forma.

Las características más importantes de Microsoft Excel son:

- Rápida creación de tablas y gráficos.
- Gran cantidad de plantillas.
- Gráficos dinámicos y elegantes.
- Posibilidad de compartir documentos en línea.

